VIER OPSTELLEN

DOOR

G. F. TYDEMAN



's-GRAVENHAGE — G. NAEFF — 1938

VIER OPSTELLEN

DOOR

G. F. TYDEMAN



's-GRAVENHAGE — G. NAEFF — 1938

INHOUD

Blz.

Voorrede 5

I. De orde in het Zonnestelsel 7

II. De Zon en de Zonnevlekken 28

III. De poolvlucht en de Sima-Sial-Drift-Theorie 68

IV. De aard-rotatie en de seculaire variatie van het Oceaan-niveau 97

VOORREDE.

Alle vier deze opstellen zijn vol ketterijen ten opzichte van bestaande inzichten en voorshands gehuldigde hypothesen en trachten hier en daar een verklaring te geven van verschijnselen, waaromtrent nog geen erkende hypothesen bestaan. Zij geven, thans in onze eigen landstaal:

1. een meer omstandige behandeling van een en ander, voorkomende in onze verhandeling „The Birth of Earth and Moon". (E. J. Brill. Leiden. 1937);

2. een verklaring van het voorkomen van de Zon en van de oorzaak en het voorkomen van de Zonnevlekken, de Corona, enz. Dit opstel dient tevens tot bewijs van het bestaan van Tangentiëele getijkrachten, opgewekt in elk hemellichaam door de aantrekkingskracht van een ander, ten opzichte waarvan het eerstbedoelde in rotatie verkeert, overeenkomstig het daaromtrent voorkomende in „Notes on Phenomena of a Geophysical Nature". (E. J. Brill. Leiden. 1936);

3. het bewijs, dat de onderstelde „Poolvlucht" niet bestaat en een bestrijding van de „Sima-Sial-Drift-Theorie", met een korte vergelijking van deze met onze hypothese, betreffende de regeneratie van de aardkorst door haar eventueele zijdelingsche draaiïng om de kern. („Notes on Phenomena, etc." als boven);

4. een meer omstandige motiveering, betreffende de beide genoemde onderwerpen dan voorkomt in de bovenbedoelde „Notes on Phenomena, etc."

Wij hebben getracht beschrijvingen en bewijsvoeringen zoo in te richten dat zoowel geleerden als leeken van algemeene

ontwikkeling op het punt van mechanica en physica, zich een oordeel zouden kunnen vormen omtrent de aannemelijkheid van de beide grondslagen, waarop veel van het in 2, 3 en 4 behandelde berust: het bestaan van Tangentiëele getijkrachten en de semi-onafhankelijkheid van aardkorst en -kern.

October 1937. G. F. TYDEMAN.

I.

DE ORDE IN HET ZONNESTELSEL.

De bedoeling van hetgeen hier volgt is in het kort aan te geven, waarom o.i. de verklaringen van het ontstaan der planeten, hetzij uit één oer-gasbol, hetzij uit een kleineren, die de begeleider van een grooten zou zijn geweest, niet houdbaar zijn en hoe men zich hare ontstaanswijze kan indenken, zoo, dat daaruit een logische verklaring voortvloeit van verschillende feiten, waarvoor de gasbol-theorieën zulk een niet kunnen geven.

Hoewel de gedachte aan een ontstaanswijze van de planeten (en satellieten) uit één groote gasbol, naar wij meenen, geen aanhangers meer telt, kan het misschien toch eenig nut hebben daarover iets te zeggen.

De gedachtengang is of was dat een oer-gasbol, door inkrimping grooter hoeksnelheid van rotatie verkrijgende, daardoor een ring zou afscheiden, welke vervolgens zou samenballen tot één massa — één planeet. De inkrimping van den gasbol steeds voortgaande, herhaalt zich hetzelfde proces nog vele malen. De planeten, in leeftijd elkaar opvolgende, de jongste de binnenste, loopen dus hun banen lang vóórdat de gasbol een zon is geworden. Zelf hebben zij intusschen door een overeenkomstig proces zich van manen voorzien. Aldus de (vroegere) onderstelling.

Daar de planeet, ontstaande uit de samenballing van den ring om de overschietende centrale massa ongeveer met dezelfde lineaire snelheid zal blijven rondloopen als de ringmassa dat deed, moet de lineaire rotatiesnelheid van de buitenlaag aan den equator van den oorspronkelijken gasbol, zoo wij de onlangs ontdekte planeet buiten rekening laten, vóór de afscheiding van den Neptunus-ring ongeveer 5,4 KM/s hebben bedragen, want dit is de gemiddelde baansnelheid van die planeet.

De massa van den gasbol was die van de zon en alle planeten

samen, zonder die van Neptunus, 324858 maal die van de aarde, de straal ongeveer 4467 millioen KM. (de gemiddelde baanstraal van Neptunus).

Berekent men nu de lineaire snelheid, welke er aan den equator van den gasbol noodig was om de aantrekkingsversnelling van den gasbol op te heffen, alzoo om afscheiding van een ring mogelijk te maken, dan blijkt het, dat die een zeer groot veelvoud had moeten zijn van die, welke Neptunus inderdaad heeft. Dan zou echter, zoo men de vorming van de planeet uit dien ring als gebeurd aanneemt, de lineaire snelheid daarvan ook zoovele malen grooter zijn geweest dan die nu blijkt te zijn. Dit zou niet verhinderd hebben, dat Neptunus een baan om de centrale massa was gaan doorloopen, maar deze zou er een zijn geweest van zeer groote excentriciteit en niet een nagenoeg cirkelvormige en zeer veel grooter dan die baan is.

Met de volgende ringen, afgescheiden door de steeds met grooter hoeksnelheid roteerende centrale massa, zou het op overeenkomstige wijze zijn gegaan en ten slotte zou de overschietende centrale massa, de zon, een zeer groote rotatiesnelheid hebben gekregen, welke zij niet heeft. Bovendien verkrijgt de planeet, gevormd uit een ring, een rotatie-richting, tegengesteld aan den omloop, omdat de materie van den ring aan de binnenzijde daarvan grooter lineaire snelheid heeft dan aan de buitenzijde.

De planeten kunnen dus niet op deze wijze uit een oer-gasbol zijn ontstaan.

Het ontstaan van de planeten uit de botsing van een uit de ruimte gekomen lichaam met een oer-gasbol of met een begeleider daarvan, is eveneens onmogelijk, omdat het nooit zou hebben kunnen leiden tot de vorming van het planeten-stelsel, zooals het is, hoe men zich de verdeeling in parten van de twee botsende massa's ook denken moge. Welke richtingen en snelheden men ook aan die parten zou toekennen, de banen, welke zij zouden gaan doorloopen, zouden altijd dit gemeen hebben, dat zij allen van het botsingspunt zijn uitgegaan en onvermijdelijk, elk na zijn eigen omloopstijd, daar zeer nabij weer zouden terugkeeren.

Het botsingspunt zou een soort „wespen-nest" zijn, waar telkens weder alle wespen (planeten) zouden passeeren, hoe ook elks baanvlak zou zijn uitgevallen. Hoe verschillend de omloops-

richtingen, de richtingen harer rotatie-assen en de zin der rotatie mocht zijn uitgevallen, doet niets ter zake.

Kwamen na een verschillend aantal omloopen twee dier lichamen in botsing, er zou een secundair „wespen-nest" ontstaan, steeds nabij het primaire.

Natuurlijk zouden de banen elkaar sterk kunnen storen, de planeten elkaars richtingen en snelheden, dus ook den stand van elkaars baanvlakken en de excentriciteit van elkaars banen kunnen wijzigen. Maar altijd zou de omgeving van het eerste punt van botsing de zwervers zien terugkeeren.

Kan iemand in ernst meenen, dat uit dien toestand, in welk eindeloos verloop van tijd ook, het planetenstelsel met al zijn kennelijke ordelijkheid zich ooit zou hebben kunnen ontwikkelen?

Gaan wij thans na volgens welke onderstellingen en gevolgtrekkingen die ordelijkheid dan wel zou kunnen zijn ontstaan en gehandhaafd blijven.

1e. Ons zonnestelsel bestaat uit een voorshands nagenoeg practisch onveranderlijke hoeveelheid materie, waarvan niet licht een partikel in een ander zal overgaan. De onderlinge afstand der zonnestelsels is zóó groot, dat van alle tot ons stelsel behoorende massa de snelheid door de aantrekkingskracht van zon en planeten wordt uitgeput, voordat de nul-grens van aantrekking, bepaald door die van een ander stelsel, bereikt wordt.

2e. Het overgroote deel van de massa beweegt zich om de zon in baanvlakken, welke betrekkelijk kleine hoeken maken met een gemiddeld vlak, het „hoofdvlak" te noemen.

Deze onderstelling steunt op hetgeen aan de baanvlakken der planeten en aan hare rotatie-assen te constateeren valt.

Een deel van *die* materie is op dit oogenblik geconsolideerd in de planeten en satellieten. Het overige daarvan beschrijft banen om de zon in den vorm van „meteoriten". Deze kunnen zijn: gas, pulver en grootere of kleinere stukken vaste materie. Zij kunnen rondgaan meer of minder geïsoleerd, dan wel in ophoopingen of zwermen, waarin zij ook nog zeer gespatieerd voorkomen. De vorm van lang-gerekte zwermen moet worden geacht, de meest voorkomende te zijn. De ons bekende periodieke (Leoniden, Perseiden, enz.) en die, welke tot de vorming van het Corona-licht bijdragen, zijn daar voorbeelden van. (Zie opstel 2).

3e. Het kleinere deel van de materie van ons stelsel doorloopt banen, welke grootere hoeken, tot 90°, met het hoofdvlak maken. Uit de materie van die zwermen zijn de kometen gevormd, misschien eenige der asteroiden en de enkele satellieten, welke afwijkingen vertoonen van de orde van het planeten-stelsel. Deze zijn rechtstreeks door hun planeten gevangen genomen.

Onder de asteroïden kunnen wellicht ook achtergebleven satellieten zijn van vergane planeten. (Zie verder „De Planetoïden of Asteroïden").

De lichamen, welke wij als kometen kennen, desintegreeren. Doordat er te weinig materie aan hun vorming kan medewerken, blijven zij te klein om een beschuttende atmosfeer te ontwikkelen of te behouden. Daar hun geboorteplaats, evenals die van de planeten altijd op zeer grooten afstand van de zon ligt en de warmte-ontwikkeling bij hun vorming te gering is om hetgeen zij aan vocht bevatten naar hun oppervlak uit te dampen, vriezen zij tot gruis op hun lange reis door de koude wereldruimte. Naderen zij de zon dicht genoeg om tot in het hart van hun kleine massa het vocht tot verdamping te brengen, dan verhaast dit de uiteenvalling. Elke meteoritenzwerm, die zij op hun langen weg te doorklieven krijgen, slijt materie van hen af, tot er tenslotte geen waarneembare rest meer over is, tenzij dan als meteoriten-zwerm. (Zie verder „De Kometen").

4e. De planeten worden gevormd uit de groote massa, welke meer nabij het hoofdvlak rondloopt; vandaar de grootere massa en c.q. het aantal satellieten, dat zij medebrengen. Voor de wijze, waarop zij gevormd worden en vergaan, moge worden verwezen naar „The Birth of Earth and Moon". E. J. Brill. 1937.

Het sub 3e gezegde, dat de vorming altijd zal plaats hebben op zeer grooten afstand van de zon, berust op de volgende overwegingen.

Bij het elkaar naderen van twee of meer zwermen is aanvankelijk de onderlinge aantrekking van hun massa's zeer gering. De kans dat die aantrekkingskracht groot genoeg zal zijn om de phalanxen van twee zwermen tot circulatie te brengen, hangt af van twee voorwaarden, welke tegelijkertijd vervuld moeten zijn. Zoowel de onderlinge afstand als de onderlinge relatieve snelheid moeten beiden klein genoeg zijn om dat resultaat te voorschijn te brengen. De kans op deze coïncidentie is alleen dan groot, wanneer de twee zwermen elkaar naderen op zéér grooten

afstand van de zon, dus min of meer nabij het aphelium van elks baan, omdat daar de lineaire baansnelheid van elken zwerm zeer gering zal zijn.

Voor de vorming van een hemellichaam, dat, na door de zon binnen ons planeten-stelsel, of c.q. als buitenste lid daarvan, te zijn aangetrokken, de gegevens zal medebrengen om daarin, tijdelijk of blijvend, een planetenbaan te doorloopen, zal het toeval nog aan een derde voorwaarde moeten voldoen. Deze is, dat de stroomen, welker samentreffen tot samenballing leidt, elkaar moeten ontmoeten. Immers, alleen in dat geval zal de resulteerende snelheid van het geschapene ten opzichte van de zon zoo gering kunnen zijn, dat het, bij het naderen van zijn perihelium, een zoodanige snelheid heeft, dat dan de aantrekkingskracht van de zon in staat is de zeer excentrische baan in een planetenbaan te veranderen, waarvoor dan, uit den aard der zaak ook afstand en bewegingsrichting met de snelheid in een zeker onderling verband moeten staan. De mogelijkheid daartoe is uitgesloten, wanneer het samentreffen der beide stroomen te veel gelijkgericht zou zijn, daar in dit geval de snelheid van het gevormde lichaam te weinig van die der beide stroomen zou verschillen en dus de baan daarvan sterk met die der stroomen zou overeenkomen. De snelheid in het zonnestelsel zou veel te groot zijn om de baan een planetenbaan te doen worden; zij zou er een van zeer groote excentriciteit blijven, ofwel, werd dit lichaam toevallig toch door de zon ingelijfd, dan zou dat op zoo korten afstand zijn, dat men het zich bezwaarlijk als levensvatbare planeet zou kunnen denken.

5e. De omloopsrichting van alle planeten en bijna alle satellieten is dezelfde. Dit is een gevolg van de omstandigheid, dat de „tegenloopende" planeet veel veelvuldiger onderhevig is aan de storingen van haar baan door de andere planeten dan de „meeloopende". Afhankelijk van massa's en afstanden, zal daardoor de voerstraal van de teruglooppende planeet in verloop van tijd op het oogenblik van gelijke heliocentrische lengte steeds meer gelijk worden aan dien van een der twee planeten, tusschen welker banen die van de tegenloopende ligt. Dit moet tenslotte leiden tot een botsing, welke òf aan beiden, òf althans aan de overwegend kleinste het leven zal kosten. Overleeft de tegenloopende, dan wordt haar noodlot slechts uitgesteld. De verreweg grootste kans echter zal zijn, dat van beide planeten bij de bot-

sing, ofwel reeds kort daarvóór door hun snelle vormverandering, de korsten zullen barsten, waarop bij beiden de gassen, welke in de gloeiend vloeibare kernen „*in statu nascendi*" aanwezig zijn, door hun ontzaggelijke spanning (men zou die „geaccumuleerde, gecondenseerde zwaartekracht" kunnen noemen), beide planeten zullen doen explodeeren.

Beiden zullen als gassen, pulver en brokken, als meteoritenstroomen dus, de wereldruimte ingaan. Wat daarvan toevallig snelheid verkrijgt in de richting van de zon, wordt dadelijk voedsel voor deze; ook dat, wat door de zons-atmosfeer wordt gevangen en als corona-randlicht zichtbaar zal worden. Wat van nabij buiten de zons-atmosfeer voorbijgaat, zal als coronastralen zichtbaar zijn. (Zie Opstel 2). Het overige blijft, evenals het laatstbedoelde, in zeer verschillende banen om de zon circuleeren.

Aldus blijft op dit punt de orde gehandhaafd.

6e. De rotatie van alle planeten, waarvan dat is na te gaan, is in denzelfden zin als de omloopen.

Even zoo goed als een in het zonnestelsel nieuw ingelijfde planeet terugloopend kan zijn, zal ook de rotatie van een meeloopende nieuwelinge tegengesteld aan de algemeene richting kunnen zijn; maar ook aan deze kan geen lang leven beschoren zijn. Twee factoren zijn haar nadeelig.

De Tangentiëele getijkrachten zijn in dat geval binnenwaarts gericht, werken dus met de gewone getijkrachten samen om de massa in de richting van de zon uit te rekken. Dit zal, accumulatief, twee nadeelige gevolgen hebben. De rotatie zal sneller verlangzamen en daardoor eerder leiden tot eene rotatieperiode gelijk aan die van den omloop dan zulks bij een „meeloopende" rotatie het geval zal zijn, omdat de uitrekking van de massa in de richting van de zon sneller zal plaats hebben, dan wanneer de Tangentiëele en de gewone getijkrachten elkaar op dat punt tegenwerken.

Voor de atmosfeer geldt het overeenkomstige. Bij de meeloopende rotatie compenseert het atmosferische zons-Tangentiëel getij (de halfdaagsche ongelijkheid van den barometerstand) den nadeeligen invloed van het gewone getij op het behoud van de atmosfeer. Bij de tegenloopende rotatie ontstaat een atmosferisch getij, dat dien invloed sterk vergroot. (Zie „Tides of the Atmosphere" in „Notes on Phenomena of a Geophysical Nature". E. J. Brill. Leiden. 1936).

De atmosfeer zal dus veel eerder verdwenen zijn; daarop ook de oceaan. De planeet, die een op de zon gerichte stilstaande slinger is geworden, bezwijkt door het blijvend zeer groot verschil in temperatuur van de twee helften. Helling van de rotatie-as kan dit proces hoogstens iets uitstellen. Barst de korst, dan volgt de explosie.

Aldus wordt op dit tweede punt de orde gehandhaafd.

Er is dus in ons zonnestelsel — en zal het in andere anders zijn? — een natuurlijk selectie-systeem werkzaam, dat uitstoot, wat tegen de orde gaat. Het wordt teruggezonden naar de molens om materiaal te vormen voor nieuwe hemellichamen, die misschien beter levensvoorwaarden medebrengen.

De executie van het vonnis, dat de slecht uitgerusten bij hun intrede in het zonnestelsel medebrengen, volgt die intrede niet op den voet.

„De Kosmos heeft den Tijd! Wat de mensch lang noemt, noemt zij kort". Dit zou het antwoord kunnen zijn aan hem, die vraagt de toevalligheid te verklaren, dat wij in ons zonnestelsel geen lichaam zien, waarvan de verwijdering aanstaande is te achten.

Wie is er, die kan zeggen hoeveel malen er een zuivering plaats had sinds ons zonnestelsel bestaat? Wie zou het weten, wanneer de laatste pas honderd duizend jaren geleden geschiedde, misschien slechts tien millioen jaren, nadat de onordelijke planeet haar intrede deed?

De molens van den Kosmos malen langzaam, maar sekuur. De Maan ontkomt het nog, al is zij lang dood. Misschien houdt haar stoffelijk overschot het langer uit dan t.z.t. dat van de aarde, waaraan zij het nu te danken heeft, dat zij niet permanent eenzijdig gloeiend heet en ijskoud is. Wordt t.z.t. de aarde door haar centrale bom uiteengeslagen, dan wordt misschien de maan een klein planeetje, kleiner nog dan Mercurius en als deze roteerend met een periode gelijk aan die van den omloop.

De Planetoïden of Asteroïden.

De onderstelling, dat alle planeten van ons zonnestelsel werden gevormd uit de massa, welke zich in zwermen voornamelijk omstreeks het hoofdvlak van het stelsel rond de zon beweegt, en daarom ook allen baanvlakken hebben, welke kleine hoeken met dat hoofdvlak maken, schijnt te worden gelogenstraft door

de Planetoïden. „Hoe komt het dan", is men geneigd te vragen, „dat deze kleine hemellichamen met zoo sterk uiteenloopende banen van zeer verschillende, waaronder groote helling der baanvlakken, in het stelsel een plaats innemen, welke in het geheel niet met die onderstelling strookt?" „En wanneer ook die lichamen van grooten afstand komende, door de zons-aantrekkingskracht in het stelsel werden ingelijfd", zoo zal men daarbij vragen, „is het dan denkbaar, dat zij allen juist daar zouden zijn binnengekomen, waar zij te zamen als het ware de plaats innemen waar één „normale" planeet juist zoo goed zou hebben gepast? Waar er zoo vele honderden Planetoïden zijn — en wie weet hoeveel duizenden nog te klein om zichtbaar te worden — is zulk een toevalligheid toch volslagen ondenkbaar".

Het antwoord op deze schijnbaar gerechtvaardigde tegenwerpingen is, dat er misschien geen sterker bewijs *vóór* de waarschijnlijkheid van onze hypothese betreffende het *ontstaan èn vergaan* van de planeten van ons stelsel zal zijn te vinden, dan juist de aanwezigheid daarin van dezen bundel „erratische blokken". Want — de onderstelling is reeds spoedig na de ontdekking van hun bestaan geopperd — er is meer dan één reden om hen te beschouwen als het overblijfsel van één of twee planeten, welke, evenals de anderen, en dan tusschen Mars en Jupiter, haar baanvlak kregen, dat ook een kleinen hoek maakte met het hoofdvlak, maar waarvan één „onordelijk" was. Laat men den blik een onbekend aantal millioenen jaren teruggaan in het verleden, dan kan men zien, hoe het gebeurd kan zijn.

Onbedreigd liep daar tusschen Mars en Jupiter de planeet „*Sine Nomine*", die gehoorzaamde aan alle voorwaarden, welke haar een lang leven konden waarborgen.

Toen verscheen daar, een onbekend aantal millioenen jaren later de planeet „*Mephisto*", waarvan de baan gevaarlijk dicht bij die van „*S.N.*" lag; dubbel gevaarlijk, omdat *M.* terugloopend was.

Weer gingen er tal van eeuwen voorbij, waarin beider banen elkaar steeds naderden, tot de dag kwam, waarop de onvermijdelijke botsing plaats had met een snelheid, veel grooter nog dan de som van beider normale baansnelheden. Binnen enkele seconden waren daar geen twee planeten meer; er waren slechts bonken, brokken, steenen, gruis en pulver, uiteenvliegend door de ruimte in allerlei richtingen, met allerlei snelheden. Daar was

een „wespennest" geboren; want de zon liet ze niet los; zij wees onmiddellijk aan ieder partikel zijn baanvak aan, dat liep door de richting, die het gekregen had en door haar eigen hart. Op die banen liet de zon hen aan hun lot over, behalve dat deel van de ruïne — en wie kan zeggen, hoe groot dat was? — waarvan de snelheid loodrecht op de richting van de zon nul was geworden. Dat deel nam zij tot zich om kracht te verzamelen.

Ook dat deel, waarvan die snelheidscomponent klein was geworden, trok zij dicht naar zich toe om er zich een lichtkroon van te maken (de „corona"), zoowel van wat regelmatig telkens haar van nabij paseerde, als van hetgeen zij opving in haar atmosfeer en als voedsel gebruikte. (Zie Opstel 2).

Maar de zon gunde ook haar planeten een deel, waarvan ook niemand kan zeggen hoeveel dat was. Dat waren de onordelijke stukken, die een terugloop hadden gekregen. Of het korter of langer zou duren, ook die waren veroordeeld om te verdwijnen. Wanneer men de planeten aanziet, dan rijst het vermoeden, dat het Jupiter was, die het leeuwendeel kreeg. Er zijn er misschien niet veel geweest, die een snelheid kregen, welke hen de baan van Saturnus deden bereiken, maar toch hebben in 1933 de astronomen geïntrigeerd naar de witte vlek op die planeet gekeken, die misschien het trefmerk van zoo'n inslag is geweest.

Aanvankelijk keerden alle „wespen", elk na zijn omloopstijd, naar hun nest terug, waar zij zelden een ander zullen hebben aangetroffen, of, zoo zij dat deden, misschien een klein, secundair nest hebben gemaakt. Maar de sterke storingen, die de groote planeten in hun banen aanbrachten, hebben hen het spoor doen verliezen, en dit in zoo sterke mate, dat men de gedachte aan één punt van oorsprong vrijwel heeft opgegeven, of althans de gedachte dat punt te kunnen terugvinden.

De grootste brokken, vormloos eerst, maar gebarsten reeds door den schok, zullen door eigen zwaartekracht en rotatie allengs den bol (spheroïde-)vorm hebben aangenomen, maar van de kleinere zullen er nog velen zijn, die rondgaan met vlakke kanten en hoeken, waarvan het zeer lang kan duren, vóórdat die afgerond zijn door het passeeren door meteoritenstroomen van misschien andere herkomst, die wij niet zien kunnen.

Het is een lastig groot aantal die kleine zwervers, waaronder er toch zijn, die de astronoom niet gaarne zou missen. Van de grootste voelt hij zich wel zeker, dat zij den bolvorm kregen en

dat hun lichtkromme strookt met hun fase; maar van de vele kleinen en allerkleinsten? Het kan lang duren, vóór men weet bij welke daarvan men een onregelmatigen vorm en vlakke kanten moet onderstellen. De onbekendheid met hun rotatie-periode zal een zware „handicap" zijn.

Het is niet uitsluitend aan de botsing van twee lichamen, waarvan één terugloopend was, dat men het ontstaan van de Planetoïden behoeft te wijten. Zij kunnen ook ontstaan zijn door de explosie van één rechtloopende planeet, welker rotatie tegen den algemeenen zin was. Altijd zal, in beide gevallen gelden: „De Kosmos heeft den Tijd". Maar in het laatstbedoeld geval zal die ééne planeet groot genoeg moeten zijn geweest, en snel genoeg een „stilstaande slinger op de zon" moeten zijn geworden om in haar vloeibaar binnenste nog de gassen „*in statu nascendi*" te hebben gehad, die haar verdorde en gebarsten korst uiteen konden doen slaan. In het eerstgenoemde geval zouden twee geheel star geworden, kleinere lichamen hebben volstaan om een bundel nog kleinere te scheppen als waarvan wij dan nu het overschot „Planetoïden" noemen.

Wanneer men het heeft over de raadselen van den Kosmos, hoort men in gedachten van anderer lippen de vragen, die men zelf zich stelt:

„Moeten we (dus?) aannemen, dat dit sinds ons planetenstelsel bestaat, het eenige geval is geweest, dat één of twee planeten werden veranderd in een fragmenten-bundel? Wij zien geen anderen".

Daar is geen ander antwoord dan: „Misschien. Wie weet?" Of moet men denken aan de mogelijkheid, dat in verloop van tijd al die brokken zullen desintegreeren, deels ook wegslijten misschien door de botsing met de ongeziene meteoritenbanen, die zij steeds doorklieven, waarvan de weerstand hun banen zal inkrimpen tot ook zij worden tot voedsel voor de zon? Hoevelen zijn er misschien reeds geweest, die dat reeds spoedig zijn geworden, gerekend dan naar Kosmisch tijdsverloop, doordat bij het passeeren zeer nabij van een planeet, hun snelheid en hun richting zoo veranderden, dat hun reis naar de zon, die dan volgde, hun laatste was?

Wie kan het zeggen of niet eenmaal, waar thans de aarde

zweeft, een bundel brokken rondging, die werd opgelost door den eindeloozen Tijd?

Wie is er ook, die weten kan of niet veel verder in ons stelsel zoo'n bundel rondgaat, waarvan niet één fragment door grootte of lichtkracht zich (nog?) kon verraden?

Zijn sommige van de Planetoïden oude Manen? Zijn de weinige onordelijke manen in ons stelsel bijgeval geannexeerde Planetoïden van vroeger datum, of misschien zelfs sommige van de ordelijke? Vragen ook, waarop geen ander antwoord past dan: „Misschien. Wie weet?"

DE KOMETEN.

Mag men de Planetoïden de „erratische blokken" van ons zonnestelsel noemen, dan vormen de kometen het „aanveegsel". Ook zij zijn gevormd uit de oude, nochthans altijd nieuwe materie, die, wie weet hoevele malen reeds, deel uitmaakte van hemellichamen, welke tot stof wederkeerden; materie van ouds tot ons zonnestelsel behoorende.

Bij de beschouwing van de kometen komt een krachtswerking in aanmerking, welke wegens haar betrekkelijke geringheid over het algemeen, waar het de huishouding van den kosmos betreft, wordt voorbijgezien, te weten: de drukking van het licht.

Wanneer de onderstelling juist is, dat deze krachtswerking een belangrijke rol speelt in het gedrag van de kometen — en er is geen gegronde reden om deze uitspraak van de geleerden niet te aanvaarden — dan is het aangewezen meer in het algemeen na te gaan welken invloed zij heeft op de verdeeling van de materie in ons zonnestelsel. Dit is vooral daarom van belang, omdat de druk van het licht het sterkst zal inwerken op de fijnst verdeelde materie, en de komeet voor het grootste deel van haar volume juist daaruit bestaat, voor zoover niet in de nabijheid van de zon misschien ook gassen er deel van uitmaken, die dan door de zonnehitte uit de materie zouden zijn gevormd, ofwel in de verre gewesten van het bijna absolute nulpunt reeds in vasten toestand daarin zouden voorkomen.

Dat zulk een ijle samenstelling van de komeet moet worden aangenomen, volgt uit de zeer geringe soortelijke dichtheid, welke naar volume gerekend, allen kometen eigen is, en uit het betrekkelijk sterk teruggekaatst zonlicht, dat zij vertoonen,

hetwelk bezwaarlijk anders dan van een groot aantal afzonderlijke kleine partikels en losse pulverdeelen afkomstig kan zijn, waarvan trouwens de wijde spreiding blijkt uit de doorzichtigheid van de massa als geheel.

Dat er in ons zonnestelsel ook pulver moet voorkomen tot in de kleinste afmeting, waarin het bestaanbaar is, mag wel als zeker worden aangenomen, daar er, sinds ons zonnestelsel bestaat, steeds botsing van materie moet hebben plaats gehad, en met name het explosief vergaan van hemellichamen altijd wel met een productie, ook van zeer fijn pulver gepaard zal zijn gegaan.

In de ruimte van ons zonnestelsel is de daarin bewegende materie altijd onderhevig aan de aantrekkingskracht van de zon, maar ook aan den druk van haar licht, tenzij tijdelijk de materie zich in den schaduwkegel van andere materie bevindt.

Nu zal echter de verhouding tusschen die twee elkaar tegenwerkende krachten zeer verschillend zijn naar gelang van de soortelijke massa, de grootte en den vorm van een partikel materie. Bij een zelfde soortelijke dichtheid toch zal de aantrekkingskracht naar verhouding des te meer door den lichtdruk worden tegengewerkt, naarmate het partikel materie kleiner is, daar, bij ondersteldn gelijken aard, vorm en oriëntatie van stofdeelen, de aantrekkingskracht bij verkleining van de afmeting afneemt in reden van de derde macht daarvan (massa), de lichtdruk echter slechts in reden van de tweede macht (oppervlak).

Hieruit volgt, dat er op eenzelfden afstand van de zon stofdeelen zullen zijn, die minder sterk door haar worden aangetrokken dan andere, en dat in het algemeen voor de fijne stofdeelen haar aantrekking betrekkelijk kleiner is dan voor de grove partikelen, waarvoor de lichtdruk praktisch te verwaarloozen is.

Bovendien is er dit verschil, dat grootte en richting van den lichtdruk zullen afhangen van het oppervlak van het stofdeel, *dat beschenen wordt* en van den hoek, waaronder het licht daarop valt, terwijl voor de aantrekkingskracht overeenkomstige verschillen niet bestaan.

Op grond van een en ander is het aannemelijk, dat pulverdeelen, die in de ruimte eerst in elkaars nabijheid een gelijkgerichte even groote snelheid hebben, op onregelmatige wijze uiteen kunnen gaan of samen werden gebracht, al naar gelang van de grootte, de soortelijke massa, den vorm en de oriëntatie

van de stofdeelen. Evenzoo is het aannemelijk, dat in de ruimte van ons zonnestelsel het fijnste pulver en het lichtste zich verder van de zon zal kunnen verwijderen dan het minder fijne en zwaardere, dat nochthans verder weg zal gaan dan het grove materiaal, op welks gedrag de lichtdruk practisch geen invloed zal uitoefenen.

Op de verdeeling en het gedrag van het fijnste stof in de wereldruimte komen wij nader terug. Voor het oogenblik kan, waar het de kometen betreft, worden volstaan met de hierboven aangegeven waarschijnlijkheid, dat zich in de ruimte van ons zonnestelsel stof moet bevinden van zoo kleine, c.q. moleculaire afmetingen, dat de lichtdruk van de zon haar aantrekkingskracht kan evenaren, eventueel zelfs overtreffen, en dat, tengevolge van den lichtdruk, den vorm en eventueele rotatie dier stofdeeltjes, hunne bewegingen in het algemeen erratisch zullen zijn. Op die, welke zich in den schaduwkegel van andere materie bevinden, zal de zonsaantrekkingskracht ten volle haar invloed uitoefenen; die, welke op uiterst grooten afstand van de zon geraken, zullen ook den lichtdruk van andere zonnen gaan ondervinden.

De verhouding tusschen zonsaantrekkingskracht en zonslichtdruk, welke voor eenig molecuul op een bepaalden afstand van de zon bestaat, blijft, behoudens den invloed van de rotatie van het molecuul, bij verandering van den afstand onveranderd, omdat beide krachten veranderen in omgekeerde reden van het vierkant van den afstand.

Hoe heeft men zich nu de vorming van een komeet voor te stellen? Naar wij meenen als volgt:

In de baanvlakken, welke groote hoeken maken met het hoofdvlak van het zonnestelsel, zijn de meteoritenzwermen dun bezet; de aantrekking der planeten is steeds werkzaam om de spreiding dier meteoriten te bevorderen. Komt dus van een zwerm in een dier vlakken of bij ontmoeting van twee zwermen, op grooten afstand van de zon, nabij het aphelium der betreffende banen een zeker aantal meteoriten met een bijna gelijke, geringe snelheid samen te gaan of elkaar te kruisen, op een zoo geringen onderlingen afstand, dat de aantrekkingskracht, hoe gering die ook zijn moge, tot opeenhoping van meteoriten leidt, dan is daar een kometenkern in wording.

Van de misschien reeds kleine totale massa zal slechts zooveel door de onderlinge aantrekking bijeenblijven als met de resulteerende bewegingen der afzonderlijke meteoriten en de totale massa daarvan bestaanbaar is. Wat te groote snelheid heeft, gaat daaraan voorbij. Die totale massa kan gering zijn, misschien slechts een zeker aantal honderden of duizenden tonnen, waarvan de aantrekking zoo gering zal zijn, dat die, in verband met het evengezegde, geen noemenswaarde rotatie kan hebben, daar toch in dit geval de geringe aantrekkingskracht niet volstaan zou om de partikels bijeen te houden. De geringheid van de massa stelt dus aan de beweging der meteoriten zekere voorwaarden, welke in menig geval allicht niet vervuld zullen worden, maar nu en dan wel. Of er een kometenkern zal ontstaan is dus geheel een kwestie van toeval. Los zal zulk een opeenhoping in de ruimte altijd zijn, zoolang er niet een voldoende aantal duizenden kubieke kilometers materie aan deelneemt, in welk geval er niet een kometenkern maar een vast hemellichaam zal ontstaan.

Wordt de opeenhoping bij gebrek aan massa, dus ook aan samendrukking en warmteontwikkeling een kometenkern, dan behoudt zij ook dat karakter op den weg naar het perihelium van haar baan. Wel is denkbaar, dat dan de dichtheid van de aanzameling der samenstellende meteoriten naar het centrum daarvan iets zal toenemen, maar niet, dat daar een werkelijk vast centraal gedeelte zal ontstaan, tenzij door samenvriezen, wanneer er ook deelen vloeistof aanwezig zijn. Naar het centrum toe neemt toch de daarop gerichte aantrekking af. Bedenkt men nu, dat een aanvankelijk algeheele afwezigheid van rotatiebeweging om het centrum van aantrekking voor elk afzonderlijk partikel wel onbestaanbaar mag heeten, en dat die door de onderlinge botsingen van de los en vrij van elkaar circuleerende meteoriten der formatie allengs zal streven eene uniforme te worden, dan zal toch voor die partikels, welke het centrum zouden naderen, de rotatie versnellen. Maar, aangezien voor zulk een partikel de op het centrum gerichte aantrekkingskracht juist afneemt, is het geenszins onmogelijk, dat bij deze merkwaardige formaties, reeds eene rotatie, te gering om visueel of spectroskopisch constateerbaar te worden, het centrum tot op zekeren afstand daarvan geheel ledig doet blijven.

De kometenkern zal eerst dan een komeet worden, wanneer zij het uiterst fijne stof verzamelt, dat haar vulsel en haar

ombhulling vormt. Dit kan reeds bij haar geboorte het geval zijn, maar ook daarna op haar weg naar haar perihelium, op welken weg zij, iets minder door den zonlichtdruk geremd, een stofgordel zal inhalen en met zeer weinig verschil in snelheid zoolang daarin zal blijven, dat zelfs haar geringe aantrekkingskracht voldoende is om van het stof, dat zij ontmoet een vulsel en een hulsel te vormen en voorloopig te behouden. Voorloopig, want op een bepaalden afstand van de zon — een afstand, die in menig geval of misschien altijd, grooter schijnt te zijn dan die, waarop deze kleine formaties voor den waarnemer op aarde als kijker-object waarneembaar worden — begint de druk van het zonlicht de aantrekkingsversnelling van het stof te verminderen, dat dienswolgens achter zal blijven. Deze invloed zal uit den aard der zaak het sterkst zijn aan het front van de komeet. Het stof zal vandaar over den buitenomtrek achterwaarts bewegen en uit het inwendige van de vulling worden aangevuld, dit zoowel wegens het streven naar behoud van den bolvorm, alsook omdat het stof, dat zich halverwege het front en het centrum bevindt, den voorwaartschen druk zal ondervinden van het licht, dat als gereflecteerd zonlicht van de vaste partikels van de kern er van nabij op zal vallen.

Het stofhulsel van een komeet zal in vergelijking met den stofgordel, waaruit het gevormd werd, betrekkelijk geconcentreerd mogen heeten, maar nochthans ijl genoeg zijn om er het beeld van een ster doorheen te kunnen zien. Dat de komeet zelf goed zichtbaar is, komt omdat de meteoriten van de kern en de stofdeelen in zoo groot aantal zonlicht reflecteeren, dat de concentratie daarvan op een klein gezichtvlak het gezamenlijk beeld dier lichtpunten reeds op grooten afstand tot één duidelijk lichtpunt, en van naderbij gezien, tot een verlichte schijf maken.

Nadat het achterwaarts vloeiende pulver in de (half-)schaduw van de komeet is gekomen, wint het weder eenigszins aan snelheid, maar het verliest die winst weer, naarmate het weder meer zonlicht opvangt; vandaar dat het aaneengeschakeld als „staart" te zien blijft, totdat het ook den spreidenden invloed van het zonlicht in die mate ondergaat, dat de lichtindruk tot nul wordt gereduceerd.

Bij de beoordeeling van de verandering, welke het beeld van een komeet ondergaat, zal men zich, vooral wat het beeld van den staart betreft, rekenschap moeten geven van de relatieve

beweging van den waarnemer en de komeet, van de richting van de zon en van het feit, dat de materie van den staart een eigen beweging krijgt, verschillende van die van de komeet, en dat men allicht geneigd is de lengte van den staart onwillekeurig te beoordeelen naar het aantal graden, dat deze voor den waarnemer aan het hemelgewelf onderspant, en tenslotte ook, dat op bepaalde oogenblikken de werkelijke richting daarvan niet te beoordeelen is.

Zoo zal bv., wanneer bij een komeet met zeer excentrische baan — het meest voorkomend geval — de staartvorming reeds op grooten afstand van de zon begint, hetgeen vermoedelijk vooral bij nieuwe kometen met groot stofhulsel zal voorkomen, de staart langen tijd nagenoeg recht kunnen blijven, en — dit hangt van de relatieve standen en bewegingen af — door den waarnemer op aarde gedurende geruimen tijd nagenoeg in zijn verlengde kunnen worden gezien, eventueel zelfs voor den waarnemer bijna geheel achter de komeet kunnen vallen. Deze zal dan den staart zeer kort noemen.

Nadert nu de komeet haar perihelium en tevens den waarnemer, dan wordt niet alleen haar beeld grooter en de staart breeder, maar de kromming van de kometenbaan wordt veel sterker, de richtingsverandering van den radius-vector der komeet gaat veel sneller. Daar de afstooting van het kometenstof steeds in de richting van den radius-vector gaat, wordt de staart, naarmate die langer wordt, ook sterker gekromd. Bevindt de waarnemer zich niet ver van het krommingsmiddelpunt, dan zal hij den staart een groot aantal graden aan het uitspansel zien beslaan in een zelfde tijdsverloop als waarin die aanvankelijk slechts weinig in oogenschijnlijke lengte toenam. Op dit punt zullen zich dus verschillende mogelijkheden kunnen voordoen.

Met het vorenstaande meenen wij duidelijk te hebben gemaakt, dat er geen dwingende aanleiding bestaat voor de onderstelling, dat de kometen of sommigen daarvan geen maaksels zouden zijn van ons eigen zonnestelsel, maar uit een ander zouden zijn overgekomen. Voor zoover na te gaan, vertoonen zij niets, wat niet volledig te verklaren is uit hetgeen van ons zonnestelsel bekend is of op goede gronden mag worden aangenomen. Dit geldt ook die kometenbanen, welke verdacht worden hyperbolisch te zijn. Het is toch geenszins onmogelijk, dat de baan van een in ons stelsel gevormde komeet, welke van origine elliptisch is, door

planetenstoring hyperbolisch wordt, en eerst in dien vorm onder observatie komt. Maar dan is het evenzeer mogelijk, dat een andere storing die baan weder elliptisch maakt, vóórdat de komeet aan storingsinvloeden ontsnapt en ons zonnestelsel ontvlucht is. Afgezien daarvan, zijn er trouwens redenen om de berekende baan-elementen van kometen met eenigen argwaan te beschouwen. Eerstens is het wegens de veranderlijkheid van de massa tijdens een tijdvak, waarin opvolgende plaatsbepalingen vallen, onzeker of men wel steeds juist hetzelfde massapunt als meetpunt gebruikt, maar, wat waarschijnlijk van nog meer belang is, tengevolge van den lichtdruk is voor een komeet de aantrekkingskracht van de zon niet de normale. Bij een dergelijk los samenstel van fijnste stofdeelen moet toch de relatieve invloed van den lichtdruk veel grooter zijn dan die zijn zou bij een solied lichaam van overeenkomstige grootte.

De onzekerheden van de berekende omloopstijden der kometen zullen waarschijnlijk dan ook vooral uit laatstgenoemde oorzaak voortspruiten. Dat eventueel een zoo los samenhangend geheel als een komeet is, bij het nabij passeeren van een planeet groot gevaar loopt zijn materie uiteengetrokken te krijgen, zoodat de komeet als zoodanig ophoudt te bestaan en dat hetzelfde het gevolg kan zijn van een dichte nadering van de zon, is niet te verwonderen en het wordt dan ook op goede gronden aangenomen, dat zulke gevallen zich meermalen moeten hebben voorgedaan, en dat de restanten van de kernen dier kometen zich geregeld manifesteeren door „vallende sterren-regens".

Maar van de waarschijnlijk duizenden zwermen, welke zich rond de zon bewegen en eenmaal kometenzwermen kunnen zijn geweest, kennen wij slechts de weinigen, waarvan toevallig deelen onze atmosfeer treffen, en zeer vaag, die welke zich als het corona-licht van de zon manifesteeren. (Zie Opstel 2). Van al het overige dier materie zijn de lichtpunten van gereflecteerd zonlicht te ver, te zwak en te wijd uiteengespreid om voor ons waarneembaar te kunnen worden.

De vraag of ook de soort materie, waaruit het „grind" van de kern en het stof van de „vulling" van een komeet bestaat (metallisch, silicaat, a.a.) op haar gedrag invloed kan hebben, is hier buiten beschouwing gelaten, als zijnde te speculatief en overbodig. Hetzelfde kan worden gezegd van de vraag of er behalve de lichtdruk nog een andere afstootende werking van de zon op

de materie of een deel van de materie van een komeet uitgaat. Is zulks het geval, dan kan dit toch geen afbreuk doen aan de in algemeenen zin te stellen conclusie van vorenstaand betoog, dat ook de kometen — vermoedelijk zonder uitzondering — producten van ons eigen zonnestelsel zijn, en zich gedragen naar de wetten, welke de ordelijkheid daarvan regelen. Zij zijn er slechts de meest onvoldragen en kortst durende kosmische voortbrengselen van. Maar ook als zoodanig bevestigen zij den regel, dien de mensch al lang aan het organisch leven heeft leeren erkennen, dat in de natuur levensvatbaarheid als resultaat van de eindeloos vele vormen van stofwisseling en voortbrenging in hooge mate afhankelijk is van hetgeen de mensch „kans" en „toeval" noemt.

DE REGENERATIE VAN DE ZON.

Oneindig belangrijker dan waar het de vernietiging van de kometen geldt, is de rol, die de drukking van het licht van de zon speelt in de voorbereiding van hare eigen regeneratie.

Om deze hypothetische bewering aannemelijk te maken, is het noodig den invloed van die drukking bij benadering quantitatief te beschouwen. Om het beginsel van het proces te verklaren, is het niet noodig bij het gebruik van bepaalde getallenwaarden eene uiterste nauwkeurigheid na te streven; reeds eene grove benadering volstaat. Ter vereenvoudiging zal daarom de vorm van een uiterst klein stofdeel of molecuul worden gerekend een kubus te zijn, en de drukking van het zonlicht loodrecht op een zijvlak daarvan. Eventueel gedeeltelijk verlies van lichtdruk ten gevolge van doorschijnendheid a.a. van het stofdeel zal buiten rekening worden gelaten.

Rekenende met de navolgende afgeronde waarden:

Aantrekkingsversnelling aan aardoppervlak 9780 mm.,

Aantrekkingsversnelling door de zon op den afstand zon—aarde . . . . 5.9 mm.,

Druk van het zonlicht op den afstand zon—aarde per M^2. . . . . 1 milligram,

Afmeting van een stofdeel (zijde van den kubus) . . . . $\frac{1}{1000}$ste mm. (1 μ.),

Soortelijke dichtheid van het stofdeel . . 1,
vindt men:

Aantrekkingskracht van de zon op bovenbedoeld stofdeel op den afstand zon—aarde . . . . $\frac{6}{10^{11}}$ milligram,
Drukking van het zonlicht op dit stofdeel op dien afstand . . . . $\frac{1}{10^{11}}$ milligram.

Bij de boven aangenomen waarden van afmeting, vorm en soortelijke massa van een molecuul blijkt dus de lichtdruk nagenoeg 1.7 maal grooter te zijn dan de aantrekkingskracht. Bij een bolvormig molecull van 1 μ diameter en dichtheid 1, zou die verhouding zelfs 2.5 zijn.

Is bij overigens gelijken vorm en afmeting de soortelijke massa m maal zoo groot, dan is ook de aantrekking m maal zoo groot, terwijl de lichtdruk onveranderd blijft.

Is het molecuul n maal kleiner, dan verkleint de aantrekking n^3 maal, de lichtdruk echter slechts n^2 maal, zoodat de verhouding ten voordeele van dezen druk n maal grooter wordt; bij soortelijke massa m dus $\frac{n}{m}$ maal.

Daar er ongetwijfeld vele moleculen zijn, waarbij de factor n veel grooter is dan m, moet men aannemen, dat sinds het bestaan van ons zonnestelsel, zooals het nu is, een deel van de daartoe behoorende materie door verschillende oorzaken, waaronder mechanische (botsing, wrijving), tot zoo kleine afmetingen is gedesagregeerd, dat het in dien uiterst fijn verdeelden toestand op zeer grooten afstand van de zon wordt gehouden, om voorloopig daar te blijven. In deze sfeer, welker buitenomtrek dan de grens van ons zonnestelsel zou vormen, zal de materie vermoedelijk min of meer gerangschikt zijn volgens naar buiten toe afnemende soortelijke massa in verband echter met de afmetingen en vatbaarheid voor den lichtdruk.

Van den vorm dier sfeer kan men zich bij benadering een voorstelling maken. Daar de zon in alle richtingen licht verspreidt, is het wel aan te nemen, dat die vorm sferisch is, maar dan met dien verstande, dat naar de polen van het hoofdvlak de spreiding van de stofdeelen veel sterker is dan in dit vlak. Immers, even zoo goed als het overwegende deel der grovere materie van ons zonnestelsel vooral in dit vlak om de zon circuleert, zal ook de

pulver, welke van die materie afkomstig is, zich in daarmede overeenkomstige vlakken bewegen, en ten slotte wellicht een ring vormen, waarvan de aardbewoner allicht nooit het gereflecteerde zonlicht zal kunnen zien. Voor den waarnemer echter, die op ontzaggelijken afstand in het heelal al dat licht geconcentreerd krijgt tot een zeer klein kijkerbeeld, zal het misschien een ringnevel zijn, zooals wij dien in het sterrebeeld de Lier zien.

Hoe groot de totale massa in die „evenwichts-sfeer" thans reeds is, laat zich niet gissen. Door de groote spreiding en den enormen afstand dier uiterst kleine deeltjes is zij niet waarneembaar. Slechts rijst hier de vraag of het wellicht toch daaraan te danken kan zijn, dat de spectraal-analyse den mensch het heelal als snel zich uitzettend vertoont; een vraag, waaraan zich onwillekeurig deze andere koppelen: „Sinds wanneer en van welk centrum uit is die uitzetting gaande?"

Zoolang de zon zal doorgaan met de uitzending van haar licht, zal de massa van de evenwichtssfeer aangroeien, maar wanneer eenmaal haar lichtkracht afneemt, zal de straal dier sfeer geleidelijk kleiner worden, en wanneer de zon lichtloos zal zijn geworden, zal alleen haar aantrekkingskracht aan het woord zijn. Dan zal gansch die massa op haar aanstormen en haar inwendig nog gloeiend lichaam regenereeren tot een bron van warmte en licht.

Het zou ijdele speculatie zijn te willen gissen, hoe deze chaos zich verder zou ontwikkelen, en ook liggen buiten het kader van dit betoog, dat enkel bedoelt te wijzen op de waarschijnlijkheid, dat de universeele wet „leven-afsterven-hernieuwing" ook voor de zon geldt.

Zoo zou dan een „Nova" niet enkel het signaal zijn van een vernietiging door explosie of collisie, maar ook het teeken kunnen zijn van een wedergeboorte. In het eerstgenoemd geval echter zou zij allicht spoedig verdwijnen, in het laatste geval als ster blijven bestaan.

Men zal terecht de opmerking kunnen maken, dat vorenstaande berekening zeer schematisch is, met name wat betreft den vorm, kubus of bol, van eenig molecuul, en ook wat betreft de vraag of bij zóó kleine massadeelen de gebezigde verandering van den lichtdruk nog opgaat. Wanneer men echter bedenkt, dat bv. van een argonmolecuul de diameter werd bepaald

3.23×10^{-4} μ te zijn [1]), en die van een electron nog veel kleiner is, dan is het toch wel zeer waarschijnlijk, dat de conclusie in beginsel opgaat. De kometen bevestigen haar.

Naar men ook zal opmerken, hebben wij de vraag, welke fase, welke vorm er voor ons zonnestelsel kan zijn voorafgegaan aan die, waarin wij het thans zien, vrijwel onaangeroerd gelaten, en ons bepaald tot hetgeen thans waarneembaar is. Elk speculatief antwoord op die vraag houdt toch weder de vraag in: „Wat was daarvóór?"

Op 's menschen vragen naar Begin en Einde past enkel zwijgen, en volmaking na te streven uit het Zijnde.

Ook de andere hier niet genoemde krachten, waarvan men allengs de werking beter zal leeren kennen, zullen een rol spelen in de regeneratie van de materie en in het algemeen bestel van de wereldorde; maar uit het vorenstaande vloeit de waarschijnlijkheid voort, dat daarin de algemeene aantrekkingskracht, de warmte en het licht de hoofdrollen vervullen.

---

1) Deze en enkele andere numerieke opgaven werden ons welwillend verstrekt door Prof. Dr. P. ZEEMAN.

II.

DE ZON EN DE ZONNEVLEKKEN.

Er bestaan gegronde redenen om aan te nemen, dat overal in de voor ons waarneembare wereldruimte, wijd uiteengespreid, materie aanwezig is, die zoowel gasvormig als vast kan zijn. Deze laatste zal hier als „meteoriten" worden aangeduid, ongeacht of de afzonderlijke partikels stof zijn, dan wel groote blokken. Die kosmische materie zal, ten gevolge van de algemeene aantrekkingskracht, altijd in onderlinge, relatieve beweging verkeeren, en de daarbij ontwikkelde snelheden zullen gedurende zeer langen tijd de concentratie, waartoe diezelfde kracht blijft streven, kunnen tegenhouden, dit zoowel wegens het uiteenwijken door botsing als doordat de massa's te klein zijn om samen te ballen.

Er bestaan ook gegronde redenen om aan te nemen, dat de meteoriten, behalve als eenlingen op zeer grooten afstand van elkaar, zeer vaak, op minder grooten afstand van elkaar, hoewel ook dan nog gespatiëerd, zich bewegen in stroomen, waarvan de baan bepaald wordt door de aantrekking van de groote centrale massa van de zon, waarmede zij door de wereldruimte voortbewegen als de afbraakproducten van vergane planeten en satellieten, welke tot het stelsel van die centrale massa hebben behoord, afbraakproducten, welke te zijner tijd, *wellicht* te zamen met meteoritenstroomen, gekomen uit andere deelen van de wereldruimte, tot de vorming van nieuwe hemellichamen zullen leiden. De vraag of hierin eene Bedoeling zou zijn te zien om in den kosmos eenheid aan eindelooze veranderlijkheid te paren, zal hier onbesproken blijven; zij behoort tot een ander gebied dan dat, waarop de hier volgende beschouwingen zich bewegen.

Het binnendringen van meteoriten in een stelsel uit een ander, hoewel niet onmogelijk te onderstellen, is nochthans onwaarschijnlijk. Wegens de enorme onderlinge afstanden der zonne-

stelsels zal niet licht een partikel van het eene zulk een groote snelheid verkrijgen, dat het de evenwichtsgrens van aantrekking van twee stelsels overschrijdt. Veeleer is het aan te nemen, dat de hoeveelheid materie van een bepaald stelsel eene onveranderlijke eenheid blijft vormen, tenzij er door de toevallige achtereenvolgende ontmoeting van in de ruimte aanwezige massa's eene accumulatieve snelheid ontstaat, groot genoeg om tot den bovenbedoelden overgang te leiden, waardoor dan echter voor niet groote massaas de kans bestaat, dat zij door achtereenvolgende botsingen en wrijvingen (in gasmassaas) als uiteengevallen massaas het nieuwe stelsel bereiken, bv. als kometen met parabolische of hyperbolische banen.

Omtrent het samentreffen van kosmische massaas, aanleiding gevende tot de vorming van een nieuw hemellichaam, kan men zich verschillende gevallen denken, waarvan intusschen de eindstadia der vorming altijd in twee opzichten zullen overeenkomen. Eerstens zullen daaruit één of meer lichamen ontstaan, waarvan de vorm ten naasten bij die van den bol is; in de tweede plaats is de kans uiterst gering, dat het samentreffen van de massaas zóó rechtlijnig en evenwichtig zou kunnen zijn, dat een nieuw gevormd lichaam zonder eenige rotatie was.

De physische eigenschappen en de totale massa der materie zullen zoowel tijdens de vorming als na afloop daarvan een belangrijke rol spelen, in de eerste plaats in het uiterlijk aanzicht zoowel van het wordende als van het voltooide.

Het is wel aan te nemen, dat de massaas in de fase, waarin de materie nog verspreid is, bijna zoo koud zal zijn als de wereldruimte en diensvolgens onzichtbaar, tenzij, wat de gassen betreft, dat deze in zulk eene mate en met groote snelheid door meteoriten doorkliefd worden, dat de gloeiing daarvan voor den toeschouwer in het heelal ook op grooten afstand als een zwak licht waarneembaar wordt (nevels).

Komen er alleen stroomen vaste materie samen, dan is het denkbaar, dat er eerst eenig, dan waarschijnlijk zeer zwak licht ontstaat door de onderlinge botsing der meteoriten en dat dit licht in eene latere fase sterker wordt, wanneer door de samenballing een gloeiende kern ontstaat. Dit licht zal kunnen verschillen, naarmate de waarnemer zich al of niet in het verlengde van het rotatievlak bevindt.

Is in dit geval (in hoofdzaak of uitsluitend vaste materie) de totale massa niet groot, dan kan het zijn, dat in de eind-fase de buitenste lagen materie koud blijven, zoodat het licht, dat er nog mocht zijn geweest, onzichtbaar wordt, ook al blijft het nieuw gevormde hemellichaam inwendig gloeiend.

Is daarentegen de totale massa zéér groot, dan zal de door de samenballing ontwikkelde hoeveelheid warmte zóó groot kunnen zijn, dat ook de buitenste lagen gloeiend vloeibaar en gasvormig kunnen worden, in welk geval het lichaam lichtgevend blijft, totdat het in verloop van tijd door uitstraling oppervlakkig koud is geworden.

Voor den waarnemer op zeer grooten afstand is dit lichaam dan een „ster" geweest, voor den naderbij geplaatsten een „zon".

Nu is en wordt de mogelijkheid aangenomen, dat er zéér groote gasbollen kunnen ontstaan waaruit dan, na de verdichting, een zon zou zijn geworden; maar het wil ons voorkomen, dat het ontstaan van gasbollen in den strengen zin des woords, niet mogelijk is. Wel is waar kan men zich voorstellen, dat in eersten aanleg stroomen, welke, desnoods geheel, uit gas bestaan, samenkomen en zich, wentelende, vereenigen, maar dan zal, wil daaruit ten slotte de groote massa van een zon ontstaan, de totale oorspronkelijke gasmassa een enorme uitgestrektheid beslaan, en deze massa zal voortdurend biljoenen meteoriten vangen, die daar niet meer uit zullen komen. Deze toch zullen in het gas door den weerstand daarvan zooveel aan snelheid inboeten, dat zij vrijwel allen naar het centrum van aantrekking worden getrokken. Dit zal een zeer bijzonder proces zijn, want die meteoriten zullen daar niet aankomen zóó als zij de gasmassa binnendrongen, daar zij reeds bij den inslag gaan gloeien en geheel of gedeeltelijk smelten, waarop de aldus gesmolten materie in fijn verdeelden toestand in het koude gas vast wordt en langzaam de lange reis naar het centrum van attractie vervolgt.

Groote, breekbare meteoriten zullen allicht uiteenslaan, die van zwaar en sterk materiaal (nickel-ijzer, enz.) enkel oppervlakkig smelten, en verder, al of niet gloeiend en lichtgevend hun reis naar het centrum voortzetten, wentelend en met afwijkingen van hun baan naar gelang van hun vorm en snelheid.

Omtrent de bewegingssnelheid dier meteoriten op hun reis naar het centrum van aantrekking valt het navolgende op te merken:

Met groote snelheid de gasmassa binnendringende, slaan zij, al of niet, gedeeltelijk of geheel uiteen. Dit hangt van de materie af. Op welken afstand van het centrum hun snelheid constant wordt, hangt af van hunne afmetingen, vorm en dichtheid, en van de aangroeiende dichtheid der gassen. Die snelheid zal dus door den meerderen weerstand vertragen, ook omdat, wegens het allengs kleiner worden van de massa op welks omtrek zij staan, de aantrekkingsversnelling afneemt. De vertraging zal in het algemeen het sterkst zijn voor de kleinste en minst dichte partikels, het minst voor de grootste en tevens dichtste meteoriten. Er zal dus reeds bij den aanvang van het proces eene schifting ontstaan: dichtheid het grootst in het centrum, en afnemend naar den omtrek, eene schifting, welke zal voortgaan door bezinking, wanneer er een gloeiend vloeibare centrale massa is ontstaan.

Ten gevolge van dit een en ander is de kans groot, dat de kern van elk nieuw gevormd hemellichaam, dus van allen, een groot percentage nickel-ijzer zal bevatten.

Daar dit binnendringen van meteoriten, kleine en groote, aan alle kanten van de gasmassaas zal plaats hebben, zullen daarin alom steeds milliarden lichtpunten zijn, die te zamen voor den waarnemer op grooten afstand een zwak licht van uiteenloopende intensiteit te zien zullen geven. Hij zal een „nevel" waarnemen, en uit den vorm daarvan eenig denkbeeld kunnen vormen van de wijze, waarop, van zijn standpunt gezien, het wordingsproces zich voordoet. Maar, wegens de ontzaggelijke uitgestrektheden, zal dat proces voor hem zoo langzaam verloopen, dat verandering daarin allicht eerst na zeer langen tijd te constateeren zou zijn. Wat hij op dat punt aan één nevel niet zien kan, zal hij echter eenigszins kunnen nagaan uit de vergelijking van vele, die in verschillende stadia van wording verkeeren. En zelfs zonder dat, zal hij twee dingen wel met groote zekerheid durven aannemen: dat daar eenmaal één of meer hemellichamen uit zullen groeien, en dat aan de vorming daarvan altijd ook vaste materie een belangrijk aandeel heeft gehad. Ook zal hij kunnen besluiten, dat er sterren zullen zijn, geheel of in hoofdzaak ontstaan uit vaste materie, andere in eersten aanleg in hoofdzaak uit gassen. Maar in beide gevallen zal hij reden hebben om te betwijfelen, dat er sterren zonder een kern van groote dichtheid kunnen bestaan.

D e Z o n. V o o r k o m e n, a f m e t i n g e n d i c h t h e i d.

Om redenen, welke nader zullen blijken, zal hier *„zonsmassa"* worden genoemd de bol begrensd door hetgeen van de zon met het bloote oog zichtbaar is als *„fotosfeer"*. Deze laatste benaming zal bij voorkeur worden gebezigd, wanneer er sprake is, van het voorkomen en den vorm van de oppervlakkige laag der zonsmassa, zooals het eventueel gewapend oog die ziet.

Onder *„zonsdampkring"* zal worden verstaan de gasmassa, welke de zon omringt. Deze zal worden gedacht te bestaan uit twee deelen, een betrekkelijk zwaar benedenste deel, dat met den gebruikelijken naam *„chromosfeer"* zal worden aangeduid, een lichter bovendeel, waarvoor de naam *„transparente sfeer"* zal worden gebezigd.

De zonsdampkring, hoewel ook deel uitmakende van de totale massa, zal om redenen van praktischen aard, niet in de benaming „zonsmassa" worden begrepen, tenzij zulks bepaaldelijk wordt vermeld.

Van physisch standpunt bezien, zou er misschien reden bestaan om de bovenlaag der zonsmassa, welke wij als fotosfeer zien, bij den dampkring in te deelen, omdat die laag van onbekende dikte waarschijnlijk eene veel geringere dichtheid heeft dan de zware „kern", waarop zij rust en waaruit zij voortspruit, maar het vereenvoudigt de beschouwingen wanneer zij wordt gerekend tot de eigenlijke zonsmassa te behooren.

Vooruitloopend op die beschouwingen, zij hier medegedeeld, dat daaruit eene zekere analogie zal blijken in de samenstelling van de zon en die van de aarde, welke analogieën echter uit den aard der zaak slechts gedeeltelijk den physischen toestand en de samenstelling der respectieve sferen betreffen. Die analogieën zijn als volgt aan te geven:

Z o n.	A a r d e.
Kern.	Aardmassa, inclusief korst.
Fotosferische laag.	Ontbreekt.
Chromosfeer.	Troposfeer.
Transparente sfeer.	Stratosfeer.

De getallenwaarden, welke hier zullen worden gebruikt, zijn allicht niet allen de laatst aangenomene, maar, waar geene astronomische nauwkeurigheid wordt bedoeld, kan zulks aan de algemeene strekking der conclusies geen afbreuk doen.

Bij de aangenomen afmeting van de zonsmassa, de foto-

sfeerlaag daaronder begrepen, (straal = 691600 km.) is de gemiddelde dichtheid dier massa berekend op ongeveer $\frac{1}{4}$ van die der aarde. Maar wanneer, zooals wij wel moeten aannemen, de zonsmassa een kleiner volume heeft, *dan zij wordt gezien*, dan is haar dichtheid naar rato grooter. Daarin is dan echter de fotosfeerlaag begrepen, waarvan de gemiddelde dichtheid veel kleiner zal zijn dan die van de kern. Afhankelijk van de hoogte dier laag, zal dus de dichtheid van de kern alléén nog grooter zijn, zooals dan ook op grond van het voorafgaande wel zeer waarschijnlijk is.

Daar het beeld van de zon, zooals nader zal worden verklaard, ons door straalbuiging op zeer bedriegelijke wijze wordt voorgetooverd, is er van de werkelijke afmetingen van kern, fotosfeerlaag en de beide dampkringslagen niets met zekerheid bekend, en van de gemiddelde dichtheden, en, wat de dampkringslagen betreft, van hare dichtheidsverschillen in opvolgende lagen (dus van de straalbuigingen) evenmin. Om van den aard der beeldvervorming een algemeen denkbeeld te geven, zal men dus niet anders kunnen doen dan voor een en ander willekeurige waarden aan te nemen, uitsluitend dienende tot toelichting van den gedachtengang. Met name de onderlinge verhouding van de te bezigen respectieve dichtheden zullen zeer wel kunnen blijken geheel andere te moeten zijn, en diensvolgens de gebezigde afmetingen en straalbuigingen ook, doch aan het beginsel van de beschouwing kan dat geen afbreuk doen.

Voor berekening en voor de teekening van de bijgaande figuur 1 zullen de navolgende, hier en daar afgeronde waarden worden gebezigd:

Voor de gemiddelde dichtheden die van de aarde als eenheid aannemende, zal die van de totale zonsmassa op 0,25 worden gesteld.

Meetbare straal van het beeld der fotosfeer: in hoek 16′0″, in kilometers 691600.

Niet meetbare straal van grens dampkring:

$$R = 18'0'' = 778000 \text{ km.}$$

hetgeen aan de komeet van 1843 vrije passage zou hebben verleend.

Voor de onbekende afmetingen zal worden aangenomen:

Werkelijke straal van grens chromosfeer: $\frac{46}{60} R = 596400$ km.

„ „ „ „ fotosfeer: $\frac{40}{60} R = 518600$ km.

„ „ „ kern: $\frac{34}{60} R = 440900$ km.,

waarmede dus de hoogten van de drie op de kern rustende lagen zijn gesteld op:

Transparente sfeer;	181600 km.	
Chromosfeer:	77800 „	
Fotosfeerlaag:	77700 „	
bij een kern van	440900 „	straal.

Met de bovengenoemde straalverhoudingen en de hiervolgende, aangenomen gemiddelde dichtheden de volumina en massaas berekenende, vindt men:

	Buiten-straal.	*Volume.*	*Dichtheid.*	*Massa.*
Transpar. sfeer	R	0,54937 V	0,0007	0,0003845 V
Chromosfeer	$\frac{46}{60} R$	0,15433 V	0,0030	,0004630 V
Fotosfeer	$\frac{40}{60} R$	0,11434 V	0,1740	,0198952 V
Kern	$\frac{34}{60} R$	0,18196 V	1,2600	,2292696 V
Totaal		1. V		0,2500(123) V

Figuur 1 geeft eene schematische voorstelling van den loop, die de lichtstralen dan in den dampkring zouden moeten hebben om het waar te nemen beeld van de zon op te leveren.

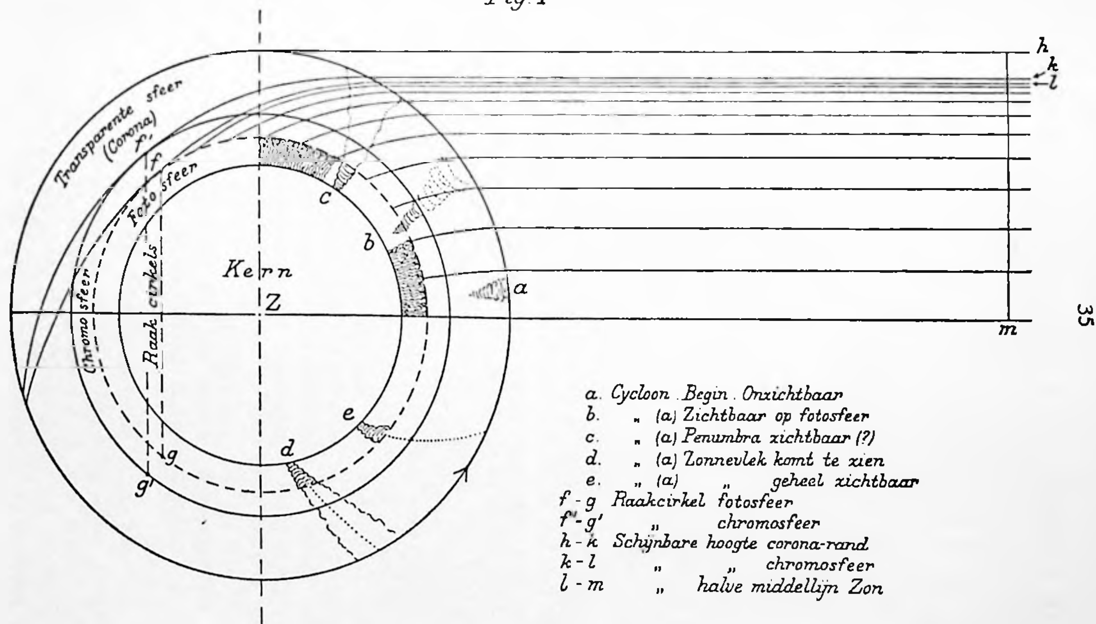
Betreffende een en ander valt het navolgende op te merken: De hoogte van den dampkring is oogenschijnlijk zeer groot, de straal van de kern klein geschat, en haar dichtheid groot, grooter dan die van de aarde. Dit laatste berust eensdeels op de zeer groote drukkingen, welke er in de kern moeten heerschen, anderdeels, en vooral op de waarschijnlijkheid, waarop later zal worden teruggekomen, dat de zonsmassa relatief meer ijzerhoudende materie bevat dan de aarde.

De hoogte van de fotosfeerlaag is betrekkelijk niet hoog geschat op grond van hare vermoedelijke samenstelling, waarover nader.

De buiging van de lichtstralen der fotosfeer wordt vermoed in de chromosfeer minder sterk te zijn, dan in de transparente sfeer, omdat wegens de sterke beroering, waaraan de chromosfeer onderhevig is, de verschillen in dichtheid daarin wellicht relatief minder sterk zullen zijn.

De vorming van het beeld der zon, zooals wij het op aarde zien, gaat nu, afgezien van de juistheid der gebezigde gegevens, naar onze meening in algemeenen zin als volgt:

Fig. 1



Transparente sfeer
(Corona)
Foto sfeer
Chromo sfeer
Raak cirkels
Kern
Z
f
f'
g
g'
a
b
c
d
e
h
k
l
m
a. Cycloon . Begin . Onzichtbaar
b. „ (a) Zichtbaar op fotosfeer
c. „ (a) Penumbra zichtbaar (?)
d. „ (a) Zonnevlek komt te zien
e. „ (a) „ geheel zichtbaar
f - g Raakcirkel fotosfeer
f' - g' „ chromosfeer
h - k Schijnbare hoogte corona-rand
k - l „ „ chromosfeer
l - m „ halve middellijn Zon

De randstralen van de transparente sfeer ondergaan geene buiging, daar zij door de ledige ruimte tot ons komen.

De randstralen van de eigen (en misschien ook gereflecteerd fotosfeer-) licht uitzendende chromosfeer worden gebogen in de vrij hooge en betrekkelijk ijle transparente sfeer, waarvan dus de hoogte kleiner schijnt dan die is.

Het licht van de chromosfeer en de randstralen van de fotosfeer worden in de chromosfeer en transparente sfeer samen sterk gebogen, laatstgenoemden in zoo sterke mate, dat de hoogte, welke de chromosfeer zou blijken te hebben, zoo er geen straalbuiging ware, tot bijna niets wordt gereduceerd.

Hoe hoog de chromosfeer en de transparente sfeer elk afzonderlijk zijn in verhouding tot de totale hoogte van den dampkring, valt op grond van de schijnbare hoogten van beiden niet te gissen, daar dit afhangt van beider straalbuigingen. Deze nu hangen niet alleen af van beider gemiddelde dichtheid, maar vooral van de verandering daarvan naar de hoogte.

Is deze, tengevolge van de beroering in de chromosfeer, daarin betrekkelijk gering, in de transparente sfeer daarentegen sterk, dan zou het beeld van deze laatste relatief sterker ingekrompen zijn, dan zulks in de figuur is aangegeven.

Daar echter de stralen van de chromosfeer ook door de transparente sfeer gebogen worden, is het te vermoeden, dat hare werkelijke hoogte nog zeer belangrijk is. Dit vermoeden wordt versterkt door haar roode kleur, welke misschien, zoo zij in haar volle hoogte kon worden gezien, visueel niet waarneembaar zou zijn. Intusschen valt, wat dit betreft, te bedenken, dat het gedeelte dier sfeer, waarvan het licht ons bereikt, in de (gebogen) gezichtslijn zeer uitgestrekt is, ook dan, wanneer in fig. 1 haar hoogte te groot is geteekend. Het overeenkomstige geldt, en in nog sterker mate voor de transparente sfeer en dus voor het licht, dat uit deze ons bereikt.

Resumeerende, komen wij, de gebezigde waarden enkel als toelichtingsmateriaal beschouwende, tot deze algemeene conclusie:

Het beeld van het fotosfeeroppervlak wordt, tengevolge van straalbuiging, veel te groot gezien, dat van de zonsatmosfeer veel te klein. Het volume van de zonsmassa (dampkring uitgesloten) is veel kleiner dan het gedacht wordt; de dichtheid van de vaste (vloeibare of plastische) kern misschien grooter dan die van de aarde.

De Fotosfeer.

Indien het vorenstaande in beginsel juist is, zien wij van het fotosfeeroppervlak meer dan de in werkelijkheid naar ons toegekeerde helft. Wat ons aan licht en warmte bereikt, is dus afkomstig van meer dan het halve zonsoppervlak.

Tengevolge van deze werking als lens van de atmosfeer, zien wij het fotosfeeroppervlak tot aan den „raakcirkel" (zie fig. 1), zoodat deze als rand van het fotosfeerbeeld wordt waargenomen. Voor de bepaling van de rotatiesnelheden aan den equator ontstaat daaruit geen verschil, maar voor hoogere breedten is zulks wel het geval, omdat dan het waargenomen randpunt zich niet beweegt in de gezichtslijn van den waarnemer, maar daarmede een noemenswaarden hoek maakt. De aldus gevonden verschillen in rotatiesnelheid kunnen dus niet ten volle reëel zijn. Indien het mogelijk is die snelheden met eenige zekerheid te bepalen door de directe waarneming van een bepaalden „granulatie-top", zou wellicht door vergelijking de mogelijkheid bestaan om bij benadering de ligging van den „raakcirkel" der randstralen van de fotosfeer te bepalen, en daardoor een denkbeeld te verkrijgen omtrent de straalbuiging, welke deze in den zonsdampkring ondergaan.

In den geschetsten gang van de lichtstralen kan een van de oorzaken zijn gelegen, waardoor *het licht van de fotosfeer naar den rand toe in sterkte afneemt.* Wel is waar achten de deskundigen de afneming van de lichtkracht veel sterker dan aan de absorptie in den dampkring zou zijn toe te schrijven, maar wij vermoeden, dat daarbij niet aan een zóó langen doorgang van de fotosfeerstralen door een hoogen dampkring is gedacht.

Een andere oorzaak, welke misschien de sterkste is, is de navolgende:

Wanneer, zooals wel algemeen zal worden aangenomen, de bovenste laag der zonsmassa (de fotosfeer) een sterk in beroering verkeerend mengsel is van in gloeiïng verkeerende gassen en, eventueel smeltende vaste stoffen, welk mengsel door gasontwikkeling op een lager niveau steeds in kolommen omhoog wordt gedreven (oorzaak van de granulatie en c.q. van de fakkels), dan wordt daar in die bovenlaag een soort convectieproces onderhouden. Het boveneinde dier kolommen ondergaat afkoeling en daalt terug. Deze afkoeling is slechts eene relatieve, waarbij van vastwording van stoffen geen sprake zal zijn. Het

is dus wel aan te nemen, dat de „koppen" dier kolommen wel hunne doorschijnendheid behouden, maar dat zij toch minder sterk licht uitstralen dan de dieper gelegen deelen daarvan. Is dit het geval, dan vormen die koppen, waarvan de vorm allicht min of meer bolvormig of cilindrisch zal zijn, voor hem, die het midden van het zonsoppervlak beschouwt, lenzen, welke het op lager niveau geproduceerd licht concentreeren, en aldus de granulatie doen ontstaan. Maar hij, die den rand van het zonsoppervlak beschouwt, ziet, naar den rand toe steeds meer, de minder sterk licht uitstralende koppen samenvallen.

De bedriegelijke samentrekking, welke het beeld van de chromosfeer door de straalbuiging ondergaat, verklaart den *scherpen rand van de fotosfeer.*

Ondanks het ongetwijfeld groot verschil in dichtheid van de fotosferische massa en die (de aanliggende) van de chromosferische, is het toch, gezien de sterke turbulentie van eerstgenoemde, wel waarschijnlijk, dat men een minder abrupt verschil in voorkomen zou waarnemen, wanneer men den overgang van de eerste naar de tweede buiten den invloed van de straalbuiging kon waarnemen. De tubulentie van de fotosferische massa moet toch door die van de chromosfeer worden overgenomen; zij moet zelfs de oorzaak zijn van het bestaan daarvan. Maar, wanneer al, onder die gedachte omstandigheid, de chromosfeer tot op eene bepaalde hoogte dien overgang in een gewijzigd voorkomen duidelijk zou vertoonen, dan is door de zeer sterke inkrimping van het beeld der chromosfeer ook die overgangslaag schijnbaar zóó sterk ingekrompen, dat zij zich naast het sterke licht van de fotosfeer aan alle visuëele waarneming onttrekt. De randstralen der fotosfeer zullen diensvolgens zonder eenigen overgang schijnen te eindigen; maar het „flitsspectrum" bewijst het bestaan van die menglaag, waarvan het beeld door de straalbuiging sterk is ingekrompen.

De Chromosfeer.

De analogie met de troposfeer van onzen dampkring meenen wij te zien in het hier volgende:

De turbulentie van de benedenlaag onzer atmosfeer, veroorzaakt door winden en temperatuursverschillen, jaagt het stof van land en zee, en soms meer dan stof alleen, omhoog. De grootste en zwaarste partikels liggen spoedig weder op aarde;

de daken en boomen, welke de orkaan afrukt, het grove zand en de steenen, welke de samoen omhoog blaast, dit alles gaat niet ver en niet hoog. Maar het fijnste stof gaat ver en hoog, zoo hoog als de turbulentie en de stijgende luchtstroomen reiken. In Straat Karimata daalt in den Oost-moesson het fijne stof, dat in het binnenland van Australië omhoog werd gevoerd — een afstand van 3500 km.

Het fijnste stof bepaalt de hoogte van de troposfeer, die wegens de verdeeling van land en zee, niet overal de zelfde, en ook veranderlijk is. Wat het stof 's nachts misschien door zijn afkoeling daalt, zal het over dag, verwarmd door de onbelemmerde zonnestraling, weer rijzen op het luchtdeeltje, dat het zelf door geleiding verwarmt; en het is deze warmte-opname, die daar de homotherme of c.q. omkeerende temperatuurlaag vormt.

Zoo zal het, maar in andere verhoudingen, ook in den zonsdampkring gaan. Daar stijgt door de veel sterker turbulentie het gloeiend pulver, ondanks de veel grooter zwaartekracht veel hooger, en als regel overal even hoog, omdat er geen land en zee is, en de daling van de temperatuur boven die troposfeer, welke om haar kleur chromosfeer werd gedoopt, zal er veel sterker zijn, want behalve door hetgeen aan Corona-materie

passeert, neemt deze geen warmte op. De stralende warmte van fotosfeer en chromosfeer gaat er onverminderd door. Wat zij van de Corona-materie aan warmte opneemt, zal o.a. van de spreiding van die materie afhangen.

Tot welke hoogte boven de chromosfeer de transparente sfeer zich uitstrekt, is niet met zekerheid bekend, maar er zijn twee gegevens, die wellicht daaromtrent eenig denkbeeld kunnen geven.

Het eene is de vermelding van het feit, o.a. genoemd in Newcomb's „Populaire Astronomie", dat de groote komeet van 1843 met een snelheid van 570 km/s op 3' of 4' afstand onbezeerd het zonsoppervlak passeerde, waaruit te besluiten valt, dat de grens der transparente sfeer binnen dien afstand (129600 of 172900 km.) van de schijnbare chromosfeer moet liggen.

Een tweede mogelijke maatstaf zou kunnen liggen in de hoogte van het sterkste Corona-randlicht, waarop hieronder wordt teruggekomen, evenals op de waarschijnlijkheid, dat de Transparente

sfeer, behalve in hare samenstelling, ook van onze Stratosfeer verschilt, in zooverre zij minder rustig is dan deze, een punt, waaromtrent overigens ook bij laatstgenoemde nog wel twijfel kan bestaan. Het zou althans niet vreemd zijn, wanneer de sterke orkaanwervels ook onze stratosfeer in beroering brengen, hetgeen echter moeilijk te verifiëeren zal zijn.

De naam „Transparente Sfeer" voor de bovenste dampkringslaag der zon, houdt niet in, dat de Chromosfeer niet doorschijnend zou zijn; ook deze is dat, maar in mindere mate, omdat de stoffen, waarmede haar gassen innig gemengd zijn, daardoor en door den toestand, waarin zij verkeeren, de doorschijnendheid daarvan sterker beïnvloeden, dan die welke in de Transparente Sfeer veel meer gespatiëerd voorkomen (Corona-materie).

De Corona.

Deze lichtzwakke, vaak tot zeer groote hoogte zich uitstrekkende stralenkrans, zichtbaar alleen bij totale zon-eclips, en dan telkens anders van vorm, schijnt ons het best te verklaren door haar te beschouwen als het gewijzigd en als het ware rudimentair overblijfsel van het lichtverschijnsel, dat de nevel zichtbaar maakt, waaruit een ster zal worden geboren, alzoo als het lichtverschijnsel, veroorzaakt, eensdeels door den onafgebroken inslag van meteoriten in de transparente sfeer, anderdeels — en dit in misschien nog sterker mate — door den onafgebroken voorbijgang buiten den zonsdampkring van meteoriten, die het perihelium van hun baan passeeren. Wij meenen, dat hierin afgezien van hetgeen de spectraal-analytische onderzoekingen leeren, alle bijzonderheden van het Corona-verschijnsel eene plausibele verklaring vinden.

Ter inleiding daarvan moge een en ander over meteoriten en meteoritenbanen voorafgaan.

Uit het feit, dat in ons zonnestelsel de baanvlakken der planeten met elkaar beperkte hoeken maken, en dat zulks ook met de equatorvlakken der planeten en de meeste baanvlakken der satellieten het geval is, vloeit in verband met de wijze, waarop, naar wij meenen, de planeten en de meeste satellieten, ook de niet meer bestaande van ons stelsel werden gevormd [1]), en die, waarop na afbraak van de uitgeleefde, het materiaal

---

1) G. F. Tydeman. The Birth of Earth and Moon. E. J. Brill. Leiden. 1937.

daarvan zich verspreidde, de groote waarschijnlijkheid voort:

1°. dat al die materie, die van de zon incluis, een eenheid vormt, en door de aantrekkingskracht van de zon blijft vormen,

2°. dat het grootste deel dier buiten de zon gelegen materie zich in gesloten banen om deze beweegt in vlakken, weinig verschillend van wat men het „hoofdvlak" van het zonnestelsel kan noemen.

3°. dat een kleiner deel dier materie zich om de zon beweegt in baanvlakken, welke hoeken tot 90° kunnen maken met het hoofdvlak.

4°. dat, met behoud van een praktisch onveranderlijken stand van zijn hoofdvlak, het stelsel als geheel zich door de wereldruimte beweegt.

5°. dat de afbraak-materie, welke dus tevens is het materiaal, waaruit te zijner tijd nieuwe planeten en satellieten voor ons zonnestelsel zullen worden gevormd, en waaruit de zon haar door de uitstraling verloren energie (voor een deel?) aangevuld krijgt, zich in grover en fijner verdeelden vorm („meteoriten" te noemen) rond de zon beweegt in stroomen, c.q. ophoopingen, waarin die materie meer of minder gespatieerd voorkomt.

6°. dat, ten gevolge van de onderlinge aantrekking der meteoriten van een bepaalden stroom, daarin eene interne beweging moet ontstaan, gelijkend op een uiterst langzame Brown'sche moleculaire beweging, leidende tot botsingen, waardoor met name de grootere, daarvoor vatbare meteoriten hun scherpe kanten en hoeken afgerond zullen krijgen. De hardste en minst broze, met name de nickel-ijzer meteoriten, zullen het langst hun vorm en voorkomen behouden.

7°. dat, afgezien van deze uiterst geringe onderlinge aantrekkingen, elke meteoriet zijn eigen baan volgt, zoodat, ten gevolge van de verschillen in snelheid een tendenz tot menging van de verschillende materie-soorten bestaat, maar dat desniettegenstaande in bepaalde deelen der stroomen bepaalde materiesoorten zeer lang kunnen overwegen. Ingeval magnetische aantrekking in dezen een rol speelt, is het mogelijk te achten, dat met name de nickel-ijzer meteoriten elkâar zullen zoeken, welke zich trouwens ook door andere oorzaak rond het centrum van aantrekking zullen concentreeren.

8°. dat ten gevolge van de zeer groote snelheden, welke de meeste meteoriten in hun perihelium zullen hebben, snelheden,

welke overigens nog zeer uiteenloopend kunnen zijn, de spectrumlijnen van het coronalicht wellicht zóó groote verplaatsingen kunnen ondergaan, dat de identificatie daarvan bemoeilijkt wordt.

De tot zon geworden nevel zal, ondanks de gelijkheid van massa, zeer veel minder meteoriten vangen dan haar oervorm, welke daarvoor haar ontzaggelijk ver uitgespreide nevelvleugels ter beschikking had.

De zon — om nu verder weder meer bepaaldelijk van onze zon te spreken — heeft daarvoor in hoofdzaak slechts haar dampkring.

Maar het zijn niet enkel de meteoriten, welker perihelium-afstand kleiner is dan de buitenstraal van haar dampkring, waardoor het corona-verschijnsel ontstaat. Ook meteoriten, welke op veel grooter afstand van de zon door hun perihelium gaan, werken daaraan mede. Zijn ze te ver weg om in gloeiïng te geraken, dan zullen zij toch, afhankelijk van hun grootte, vorm en geaardheid, het zonlicht kunnen reflecteeren. Van den eenling zou de aardbewoner dat niet kunnen waarnemen, maar van de velen, die er als stroom voorbijgaan, kan hij dat allicht wel, indien slechts een totale zon-eclips het hinderlijk, overwegend sterke licht van de fotosfeer wegneemt.

Die meteoriten, welke tevens in gloeiïng, c.q. smelting geraken, zullen dan nog meer, ook eigen licht uitzenden. En het zal van hunne physische samenstelling en van hun afstand van de warmtebron afhangen, waar zij dat zullen gaan doen, en in welke mate. Oogenschijnlijk onbegrijpelijke verschillen in intensiteit kunnen hierin, evenals in verschillende dichtheden der stroomdeelen, hun verklaring vinden. Met name zal de sterke verhitting van de meteoriten, welke door de transparente sfeer gevangen worden, het sterke randlicht der corona verklaren. Zij zijn niet alleen dicht bij de warmtebron, maar ondervinden tevens de wrijving van de gassen dier sfeer. De enorme afstand, welken de waarnemer door de transparente sfeer heen ziet, speelt bij dit lichtverschijnsel een belangrijke rol.

Wat den vorm der corona betreft, die, zooals nader zal blijken, doorloopend aan verandering onderhevig zal zijn, valt het in de eerste plaats op, dat de stralen over het algemeen min of meer loodrecht op den zonsrand gericht zijn. Dit zou den indruk kunnen wekken als ware ook de bewegingsrichting der

meteoriten overwegend op het middelpunt der zon gericht.

Toch moet men aannemen, dat dit slechts bij uitzondering het geval is, en dat hier veeleer eene optische illusie in het spel is, als een gevolg van de zeer uiteenloopende standen en richtingen (wat betreft hunne groote assen) welke de meteoritenbaanvlakken in de ruimte ten opzichte van de zon en het hoofdvlak van haar stelsel kunnen hebben.

Wel echter is het aannemelijk, dat een overwegend deel dier baanvlakken, bevattend een overwegend deel van de meteoriten van ons stelsel, slechts beperkte hoeken met het ecliptica-vlak maken (zie sub 2°). Ten gevolge hiervan zal de aardbewoner over het algemeen niet ver buiten die vlakken staan, zijn gezichtslijn daarmede dus een beperkten hoek maken. Daar nu van elke meteoriet het baanvlak door het massapunt der zon gaat, zal elke in een dezer vlakken loopende meteoriet, welke zichtbaar wordt, een richting schijnen te hebben, welke min of meer loodrecht op den zonsrand staat. Het gezamenlijk beeld van de in opvolging zichtbaar geworden meteoriten, zal dus ook dien indruk maken, en wegens het overwegende van de meteoriten-massa, zal vaak het corona-licht in of nabij het hoofdvlak sterker zijn dan in andere richtingen ten opzichte van de zon, en tot op grooter afstand daarvan reiken.

Hoe nader de waarnemer bij het verlengde meteoriten-baanvlak staat, hoe grooter de kans, dat hij scherpe straalvorming zal waarnemen, omdat hij dan het licht van vele meteoriten in een betrekkelijk smalle strook geconcentreerd zal zien. Maakte zijn gezichtslijn met datzelfde deel van den stroom een grooten hoek, dan zou hij datzelfde licht over een breede strook uitgespreid, dus zwakker zien.

Wat betreft de spreiding van de meteoriten in een bepaalden stroom, moet in het oog worden gehouden, dat met name in de stroomvlakken, weinig verschillend van het hoofdvlak of van het eclipticavlak, de dwarsdoorsnede der zwermen in hoofdzaak in het baanvlak grooter zal zijn dan in de richting loodrecht daarop, dit om dezelfde reden als waardoor de ring van Saturnus zoo plat is.

Bij de meteoritenbanen, welke een noemenswaarden hoek met het hoofdvlak maken, verkeert de aardbewoner in een ander geval.

Daar de stand hunner baanvlakken in de ruimte, dus ook ten

opzichte van de zon, wel praktisch als voor langen tijd onveranderlijk is te beschouwen, valt de gezichtslijn van den aardbewoner tweemaal 's jaars samen met zulk een baanvlak, en telkens drie maanden later onder den maximum hoek daarop. In het eerste geval zal het beeld van een zichtbaar wordenden stroom smal, dus scherp, c.q. straalvormig zijn, in het tweede geval breeder, zwakker en vager van omtrek.

Omgekeerd redeneerend, leidt het zien van duidelijke straalvorming tot het besluit, dat men nabij het verlengde baanvlak van het respectieve deel van den meteoritenstroom staat, maar dan moet ook deze straal op weinig na loodrecht gericht zijn op den zonsrand, omdat alle baanvlakken, ook deze, door het middelpunt van de zon gaan.

Daar het aantal meteoritenbanen van zéér groote excentriciteit bij betrekkelijk korte lange assen legio kan zijn, de stand en richting der baanvlakken en de omloopstijden zeer uiteenloopend, kan men zich in gedachten een voorstelling maken van de voortdurende veranderlijkheid, welke de corona zou vertoonen, wanneer men haar doorloopend kon zien uit de telkens andere gezichtspunten, welke de aarde in den loop van een jaar inneemt. Maar als onveranderlijke kenmerken zou men steeds waarnemen: toenemende gloeiïng van een grooter aantal meteoriten nader bij den zonsrand, sterkste gloeiïng van die, welke door de transparente sfeer worden gevangen.

De hoogte van den sterkeren lichtrand zal diensvolgens de grens van de transparente sfeer aangeven, en de continuïteit daarvan leidt tot het besluit, dat er vele meteoritenzwermen in verschillende richtingen en standen hunner baanvlakken zijn, welke tot het verschijnsel bijdragen, waarvan de breedten elkaar allicht overlappen. Tot de continuïteit van het lichtverschijnsel ook buiten de transparente sfeer wordt ook bijgedragen door het feit, dat men buiten den zonsrand de meteoriten ziet, zoowel wanneer zij, aangroeiend in lichtsterkte, hun perihelium naderen, als nadat zij, afnemend in lichtkracht, dat punt zijn gepasseerd.

De meteoriten, welke over het beeld der fotosfeer loopen, zijn uit den aard der zaak niet waarneembaar, maar het mag wel zeker worden geacht, dat uit alle richtingen in de ruimte de zon, ware zij geëclipseerd te aanschouwen, een corona zou vertoonen, verschillend van vorm uit elke andere richting, en het is wel waarschijnlijk, dat zij zich uit eene richting loodrecht op het

hoofdvlak als regel het hoogst zou voordoen. Intusschen valt op dit punt te bedenken, dat verschillen in dichtheid en breedtespreiding van de onderscheidene deelen van eenzelfden stroom mede een rol spelen in de vorming van het beeld, en dat zulks ook met den aard der materie, in het bijzonder met het smeltpunt daarvan, het geval is.

Het betrekkelijk sterkere, in werkelijkheid echter nog zeer zwakke licht van de transparente sfeer ontneemt haar het recht op dezen naam niet, omdat ook daarin de meteoriten nog slechts zeer gespatiëerd zullen voorkomen, al veroorzaken zij door de boven aangegeven oorzaken een aaneengesloten lichtrand.

Daar de meteoriten in de transparente sfeer vermoedelijk weinig of niets tot straalbuiging zullen bijdragen, is het waarschijnlijk dat deze sfeer uitsluitend de straalbuiging van haar gassen laat zien.

De temperatuur dier sfeer zal misschien betrekkelijk laag zijn. Wel ontwikkelen de zeer gespatiëerde meteoriten daarin eenige warmte, maar wanneer de groote aantrekkingskracht der zonsmassa overigens alle vaste materie, ook de fijnst verdeelde uit de gassen dier sfeer heeft doen neerslaan, dan zijn zij volkomen transparent, en laten zij de stralende warmte ongehinderd door.

Indien er tusschen de materie van de chromosfeer en de gassen der transparente sfeer een overgangslaag van menging bestaat, dan zal deze, wegens de veel grootere dichtheid van de chromosfeer allicht zoo weinig hoog zijn, en kan ook het beeld daarvan door straalbuiging nog zoozeer zijn ingekrompen, dat zij aan alle waarneming ontsnapt.

De Zonsrotatie.

De algemeene richting van de omloopen in het zonnestelsel doet het zeer waarschijnlijk achten, dat een overwegend aantal van de afbraakmaterie-stroomen een omloop heeft in denzelfden zin, al kunnen daarop, wegens de verschillende resulteerende snelheden, waarmede de deelen eener planeet bij hare explosie worden weggeslingerd, uitzonderingen worden verwacht.

Daar de parallelkegels van 30° N. tot 30° Z. breedte bij een bol de helft van het volume insluiten, zal, zooals reeds werd opgemerkt, een belangrijk deel der afbraak-materie zich bij zulk eene explosie gaan bewegen in vlakken, welke beperkte hoeken maken met het hoofdvlak.

Uit beide hier genoemde omstandigheden, tezamen beschouwd, volgt de waarschijnlijkheid, dat een overwegend aantal meteoriten in den zonsdampkring zullen inslaan op een gordel, welke niet belangrijk van den equatoriaal-gordel der zon verschilt en dat deze inslag ook in overwegende mate zal geschieden in den zin der rotatie.

Bij den betrekkelijk zeer kleinen perihelium-afstand van slechts ruim 770000 km. in maximum, zal in het algemeen de snelheid bij den inslag zeer groot, de trefhoek aan het oppervlak van den dampkring klein zijn. De meteoriten, welke door den zonsdampkring worden gevangen, vormen diensvolgens een soort wrijvingsapparaat, waarvan de uitwerking het sterkst zal zijn omstreeks den equatoriaal-gordel. Hoewel zulks bezwaarlijk rechtstreeks bewijsbaar zal zijn, is het toch aannemelijk te achten, dat door deze onafgebroken werking, vooral in of nabij den equatoriaalgordel, voor de bewegelijke lagen der totale massa, — dat zijn transparente sfeer, chromo- en fotosfeer — een vergrooting van de rotatiesnelheid wordt onderhouden, welke voor de fotosfeerlaag, die het diepst gelegen en het zwaarst is, het kleinst zal zijn en oppervlakkig, maar ook alleen voor deze laag rechtstreeks waarneembaar is.

De waarschijnlijkheid, dat van de ontploffings-afbraakproducten der gewezen planeten van ons stelsel slechts een betrekkelijk klein deel in eene richting, nagenoeg loodrecht op het hoofdvlak zal zijn weggeslingerd, vindt steun in de vaak waargenomen geringe hoogte van de corona in die richting. Intusschen zal ook in die en de tusschenliggende richtingen het ontstaan van oppervlakte-stroomen der fotosferische massa, zij het in minder sterke mate, mogelijk zijn te achten.

Bestaat de kern uit een gloeiend vloeibare massa van groote dichtheid, een vloeibaarheid, welke dan, wegens de enorme drukkingen, in het inwendige een bijzonder karakter kan dragen, maar in de buitenste kernlaag wellicht ongeveer met onze begrippen van vloeibare rots of gesmolten ijzer zal overeenkomen, dan is het mogelijk, dat, zelfs bij een betrekkelijk geringe dikte van de fotosferische laag, het kern-oppervlak niet meer aan eenige strooming onderhevig zou zijn. Intusschen doet de bewegelijkheid van de fotosferische massa de mogelijkheid onderstellen, dat zulks toch nog eenigermate het geval kan zijn. Indien dit zoo ware, zouden aan het kernoppervlak uitwisselings-

stroomen bestaan van de polen naar den equator en vice versa, als een gevolg van het inslaan van meteoritenstroomen, welker baanvlakken een grooten hoek maken met het hoofdvlak.

De Protuberanzen.

In de transparente sfeer komen veelvuldig lichtverschijnselen voor — de Protuberanzen — welke door hun voorkomen en gedrag den indruk maken te danken te zijn aan uitbarstingen, snel zich verplaatsende gloeiïng van gassen, a.a.

Zoowel de grillige, oogenschijnlijk zeer snelle verplaatsing en vormverandering van de eigenlijke protuberanzen als het meer rustige gedrag der zonnewolken leiden echter veeleer tot de onderstelling, dat de oorzaak dier verschijnselen in straalbreking moet worden gezocht, een oorzaak, waardoor zij op plausibele wijze te verklaren zouden zijn, en met name ook hun veelvuldiger voorkomen in perioden van zonnevlekken, welke, naar nader zal worden verklaard, hun ontstaan danken aan periodieke beroeringen van de geheele zonsdampkring, ditmaal ook de fotospheer-laag daaronder te begrijpen.

Ook buiten de perioden van zonnevlekken echter zal het niet geheel uitblijven, dat de turbulentie van de chromosfeer ook in de transparente sfeer eenige beroering te weeg brengt. Door die beroering, welke zich des te hooger zal uitstrekken, naarmate de oorzaak sterker is, ontstaan in de gassen der chromosfeer en transparente sfeer dichtheidsverschillen, diensvolgens brekingsvlakken, waarvan reeds ten opzichte van de zon zelf de stand en vorm onregelmatig en veranderlijk zullen zijn, maar dit in nog veel sterker mate voor den waarnemer op aarde. Want, behalve dat de eigen veranderlijkheid dier vlakken een snelle richtingsverandering van de gebroken lichtstralen, afkomstig van fotosfeer en chromosfeer, èn van het corona-licht, te weeg brengt, is er ook nog de invloed van de rotatie van de zon en die van de verplaatsing (± 30 km./s) van den waarnemer in de aardbaan. Voor dezen ontstaat daardoor de bedriegelijke indruk, alsof hij aan den zonsrand een materiëele lichtbron ziet, die zich met zeer groote snelheid en snel zich vervormend verplaatst; maar wat hij waarneemt is een veranderlijk brekingsbeeld, dat hem met een zeer klein verschil in richting bereikt, omdat het telkens door een ander en anders gevormd brekingsvlak ging.

Het is dit klein verschil in richting, dat op den afstand van

de zon c.q. met een snelheid van honderden km./s wordt vertaald.

Bij de „zonnewolken" zal de oorzaak eene overeenkomstige zijn; maar het brekingsvlak is dan rustiger en meer egaal, maakt met het chromosfeer-oppervlak naar den kant van den waarnemer een scherpen hoek met het oppervlak van de chromosfeer, en kan eventueel een zoodanige buiging hebben, dat het beeld langer stand houdt.

De oorzaak voor het ontstaan van protuberanzen zal natuurlijk overal in de transparente sfeer bestaan, maar zien kan men alleen die, welke buiten den zonsrand waarneembaar worden.

Een waarnemer, die de zon uit een andere richting zou zien, zou c.q. ook protuberanzen en zonnewolken zien, maar geheel andere.

Twee waarnemers zouden uit verschillende richtingen in de ruimte, zoo het fotosfeerlicht voor hen geëclipseerd kon worden, op een zelfde oogenblik wel dezelfde corona zien maar ieder onder anderen vorm.

Wanneer de protuberanzen inderdaad aan de aangegeven oorzaak te wijten zijn, dan zou de maximum waargenomen hoogte daarvan de minimum dikte van de transparente sfeer aangeven.

DE ZONNEVLEKKEN.

De Tangentiëele Versnellingen.

Onder „Tangentiëele Versnellingen" (verkort T.V.) zullen in hetgeen hier volgt, bepaaldelijk worden verstaan de versnellingen, die de maat aangeven van de krachten, welke de ontbondenen zijn van een in beschouwing komende aantrekkingskracht van een bepaalde massa A *in de richtingen van de bewegingen der afzonderlijke massadeelen* van eene andere, roteerende massa B, die richtingen dan beschouwd ten opzichte van die der aantrekkende kracht. Daar die richtingen ten gevolge van de rotatie van B voortdurend veranderen, veranderen de betreffende T.V. ook voortdurend van richting en grootte — dit laatste in het algemeen het meest — en vormen diensvolgens die krachtscomponenten in de massa B een systeem van getijkrachten.

Voor een massa als geheel is het bestaan en de werking der bedoelde krachtscomponent natuurlijk bekend bij een ieder, die de beginselen der Mechanica niet geheel vergeten is. Dat de

daaruit ontstaande tangentiëele versnelling, welke zoowel positief als negatief kan zijn, o.a. de oorzaak is van de veranderlijke lineaire baansnelheid van een planeet in haar baan, is aan menigeen bekend. Evenzoo weet ieder astronoom, dat voor de maansbeweging NEWTON reeds aanwees, dat die tangentiëele versnelling de oorzaak is, waardoor de maansbaan in de richting loodrecht op die van de zon veel meer wordt uitgerekt dan zulks in de richting van de zon door de „Storende Kracht" (het analogon van de „gewone" getijkrachten) het geval is. Toch zijn er, zoover wij dat konden nagaan, nog zeer weinig geleerden, die erkennen, dat bv. de aantrekkingskracht van de zon voor alle massadeelen der aarde afzonderlijk TV.'s te voorschijn roept, welke te zamen als een *getij-veroorzakend systeem* werken, en te zamen ook de tangentiëele versnelling van de massa als geheel vormen, welke op de oogenblikken, waarop de bewegings-richting der aarde ten opzichte van de richting der zons-aantrekking 90° is, nul wordt.

Dat de hier bedoelde getijkrachten een onvermijdelijk gevolg van de algemeene aantrekkingskracht zijn, zal hier voor het eenvoudigste geval, het in de aardmassa opgewekt Zons Tangentiëel getij, in het kort worden aangetoond. Eenvoudigheidshalve zal daarbij de aardbaan cirkelvormig worden gedacht en de rotatie-as loodrecht op het baanvlak.

Zij:

R de straal van de aardbaan,

r' de equatorstraal der aarde,

ω de hoeksnelheid van de aarde in haar baan,

ω'' de hoeksnelheid van de aard-rotatie,

α de hoek, welke op eenig oogenblik de bewegingsrichting van een massadeel aan den equator maakt met die van het middelpunt der aarde,

γ de parallax van een massadeel aan den equator op eenig aangegeven oogenblik en

P de uurhoek van het massadeel, gerekend van den bovendoorgang van de zon door den meridiaan,

dan is

$V = R\omega$ de lineaire snelheid van de aarde in haar baan,

$v = r'\omega''$ de lineaire rotatie-snelheid van een massadeel aan den equator.

en $R\omega^2$ de versnelling van de aantrekkingskracht der zon op den afstand R.

Aan de hand van nevensgaande figuur 2 laten zich de TV. van het Zon's Tangentiëel getij als volgt met een voldoend nauwkeurige benadering in r', ω, ω'' en P uitdrukken.

Het aardmiddelpunt M heeft in de richting MD, loodrecht op M-Zon, de snelheid $Ma'' = V$, en alle massadeelen der aarde deelen in die snelheid in daaraan evenwijdige richtingen.

Maar elk massadeel van den equator heeft tevens door de rotatie de snelheid $mb = v$, loodrecht op den straal. Het massadeel m heeft dus op het oogenblik aangegeven door den uurhoek P, de snelheid mc in eene richting, welke met de bewegingsrichting van de aarde den hoek a maakt.

Bij de beschouwing van de figuur dient in het oog te worden gehouden, dat die schematisch is, met name, dat de verhouding tusschen v en V sterk van de werkelijkheid afwijkt, zijnde v nog niet ten volle $\frac{1}{60} \times V$. Diensvolgens is de hoek a veel te groot voorgesteld; de macimum-waarde daarvan is $< 1°$.

Ook de parallax γ, waarvan de maximum-waarde $< 9''$ is, moest, om zichtbaar te zijn, veel grooter worden geteekend.

De zonsaantrekkings-versnelling, $mz = R\omega^2$, wordt voor alle massadeelen dezelfde gerekend, omdat de verschillen voortvloeiende uit de verschillen in afstand, worden geacht een afzonderlijk getijkrachtsysteem op te leveren.

De afstand tot de zon wordt voor alle massadeelen $= R$ gerekend, omdat de straal van de aarde slechts $\frac{1}{23386} \times R$ is.

Met toepassing van deze vereenvoudigingen verkrijgt men voor de TV. eene uitdrukking, welke zeer eenvoudig is, en bij berekening de numerieke waarde daarvan met eene voldoende nauwkeurigheid doet kennen.

In de figuur stelt mz de aantrekkingsversnelling door de zon voor, gericht op haar middelpunt. Haar ontbondene mt in de richting van beweging van m, is dus de op m werkende (in dit geval vertragende) TV.

Daar de hoek $zmt = 90° - a + \gamma$, is:

$$mt = TV. = mz \times \cos(90° - a + \gamma) = R\omega^2 \sin(a - \gamma)$$

waarvoor, wegens de kleine waarden van a en γ, kan worden geschreven:

$$TV. = R\omega^2 \sin a - R\omega^2 \sin \gamma \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$\text{Nu is } \sin a = \frac{cd}{mc} = \frac{ac \sin \angle cam}{mc} = \frac{r'\omega'' \sin P}{mc},$$

Fig. 2

Z(on)

daar *ac* en *am* respectievelijk loodrecht op de stralen *Mm* en *MA* staan.

Hierin *mc* vervangende door *ma* ($R\omega$), begaat men eene onnauwkeurigheid, welke veel kleiner is dan zij door de overdreven teekening van $\angle\alpha$ moge schijnen. Want, wel is *ma* in maximum omstreeks $\frac{1}{60}$ste grooter dan *mc*, nl. bij $P = 0°$, maar dan is de *TV.* ook $= 0$, en het verschil wordt steeds kleiner, naarmate P aangroeit, om bij $P = 90°$ nul te worden.

Uit een en ander volgt: $\sin \alpha = \dfrac{r'\omega'' \sin P}{R\omega}$ . . . . . (2)

Verder is: $mf = R \sin \gamma = r' \sin P$

$$\sin \gamma = \frac{r'}{R} \sin P \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Door substitutie van (2) en (3) in (1):

$$TV. = R\omega^2 \times \frac{r'\omega'' \sin P}{R\omega} - R\omega^2 \times \frac{r'}{R} \sin P = r'\omega\,(\omega'' - \omega) \sin P \;. \quad (4)$$

In het Storende Kracht-systeem is, zooals bekend zal zijn, bij een uurhoek *P*, de Storende Kracht, zonder daarbij nogmaals den invloed van de parallax in rekening te brengen:

$$\text{Storende Kracht} = 2r'\omega^2 \sin (90° - P) \quad . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Uit (4) en (5) blijkt, dat de beide getijkrachtsystemen loodrecht op elkaar gericht zijn en identiek van vorm, en dat *de Tangentieele Versnellingen ongeveer* 182 *maal grooter zijn dan die der storende Krachten*, aangezien ω'' ruim 365 maal zoo groot is als ω.

Bij invoering van numerieke waarden voor r', ω en ω'', en R blijkt de maximum-waarde van α ongeveer 57′ te zijn, dus bereikt te worden klein 4 minuten vóór 6^u en na 18^u (0^u = middag gerekend).

De maximum-waarde van de TV. is dan ruim 0,092 mm/s, terwijl die van de Storende Kracht ten 0^u en ten 12^u, met een uiterst klein verschil is: ruim 0,0005 mm/s.

Op overeenkomstigen grondslag te werk gaande, kan men voor elk gegeven geval berekenen, welke *T.V.* een bepaald hemellichaam van ons zonnestelsel in elk massadeel van een der andere te voorschijn roept. Men zal dan echter bij een minder

sterk verschil tusschen v en V tot eenigszins minder eenvoudige uitdrukkingen komen [1]), welke overigens, zoolang het een gesloten systeem „Zon-Planeet" of „Planeet-Zon", of wel „Planeet-Satelliet" of „Satelliet-Planeet" geldt, nog niet bepaald ingewikkeld worden. Wel echter kan, afhankelijk van de verhouding tusschen v en V, de vorm van het Tangentiëel getijkracht-systeem een bijzondere worden.

Geldt het den invloed te onderzoeken van de Tangentiëele Versnellingen, welke de eene planeet in de massa van eene andere te voorschijn roepen, bv. „Jupiter-Aarde", dan is er blijkbaar van eenig regelmatig, symmetrisch systeem geen sprake, en zou men slechts op omslachtige wijze in étappen te werk kunnen gaan, met weinig hoop dan nog daaruit conclusies te kunnen trekken. Intusschen zou het dan zeer geringe bedrag der *TV.* nog niet het besluit wettigen, dat haar invloed wel volkomen nul zal zijn. Dit geldt met name die planeten, welker massa voor een groot deel als gasvormig en vloeibaar is te achten, daar ook zeer kleine, veranderlijke krachten, werkende op alle massadeelen van eene groote gasmassa, daarin wellicht bewegingsverschijnselen (stroomingen, wervels, elastische beweging en resonance) te voorschijn kunnen roepen, waarin de oorzaak van overigens raadselachtige, waarneembare verschijnselen zou kunnen liggen.

Ten aanzien van de klassieke ontwikkeling van het „gewone" getijkrachtsysteem valt eene opmerking te maken, welke mede eene verklaring kan geven van het merkwaardig feit, dat de *TV.* in haar functie van getijkrachten als niet bestaande werden en worden beschouwd.

Bij die ontwikkeling heeft men nl. door den invloed van de parallax daarin te mengen, twee ongelijksoortige krachten samengekoppeld, nl. die, welke in de richting van de zon ontstaan door het verschil in afstand, en de kleinere (maximum $\pm\, r'\omega^2$), welke door de parallax ontstaan en feitelijk niet anders zijn dan Tangentiëele krachten. Dit komt, doordat die ontwikkeling uitgaat van eene niet roteerende aarde, in welk geval inderdaad geene andere Tangentiëele kracht zou ontstaan dan die kleine, welke aan de parallax te danken is. Immers in dat

---

1) Voor de *TV.* door de maan in de aarde veroorzaakt, zie Appendix van Chapt. II „Notes on Phenomena of a Geophysical Nature" by G. F. Tydeman. E. J. Brill. Leiden. 1936.

geval maakt de bewegingsrichting van het massadeel met de richting van de zonsaantrekking een hoek, welke slechts zooveel van 90° verschilt als de parallax van het massadeel bedraagt.

De klassieke ontwikkeling gaat dan verder door het invoeren van de rotatie, maar let alleen op de plaatsverandering, welke het massadeel daardoor ondergaat, ziet echter voorbij, dat dan tevens de richting, waarin het massadeel zich *ten opzichte van de aantrekkingskracht* beweegt, eene andere (ook voortdurend veranderlijke) wordt dan bij de niet roteerende aarde, de Tangentiëele component der aantrekkingskracht voor elk massadeel dus ook.

De bovenbedoelde kleine Tangentiëele kracht verdwijnt niet door de rotatie, want de parallax blijft bestaan, maar zij komt slechts in mindering van de veel grootere, eigenlijke Tangentiëele kracht, wanneer de rotatie in denzelfden zin is als de omloop en vergroot die, wanneer de rotatie in tegengestelden zin is, in welk geval de *TV*. binnenwaarts gericht is.

Bij eene aardrotatie met gelijke periode als die van den omloop en in denzelfden zin, zouden alle *TV*. verdwijnen, zooals ook uit (4) blijkt, omdat dan de beweging van elk massadeel loodrecht op de richting van de zon blijft.

Waar in werkelijkheid een baan elliptisch is en de rotatie-as niet loodrecht op het baanvlak staat, blijven altijd, ook in het evengenoemde geval, Tangentiëele getijkrachten hoe klein dan ook, over.

Het feit, dat er andere en grootere getijkrachten moeten bestaan dan de tot dusverre erkende, is reeds jaren geleden opgemerkt door Sir WILLIAM THOMSON; maar, nadat hij, en anderen na hem, er niet in slaagden het bestaan der *TV*. door proefnemingen met zeer gevoelige instrumenten daadzakelijk aan te toonen, heeft de geleerde wereld zich neergelegd bij de merkwaardige conclusie, dat in dit één, speciale geval de Tangentiëel ontbondene der algemeene aantrekkingskracht spoorloos verdwijnt, of wel voor alle massadeelen dezelfde is.

Van de oorzaken, welke vermoedelijk tot die conclusie hebben geleid, zullen wij hier slechts enkele noemen.

1°. Het heet, dat NEWTON alleen het verschil in aantrekking van een massadeel door Zon of Maan, voortvloeiend uit verschil in afstand van de massadeelen tot die hemellichamen, als oorzaak

der getijen heeft aangewezen. Maar de vraag is open, of N. daarmede zijne verhandeling over de getijkrachten beëindigd had, een vraag, die te meer klemt, wanneer men bedenkt, dat hij in zijne theorie over de Maansbeweging aan de daarbij optredende tangentiëele krachten wel een plaats inruimde, en verklaarde hoe daardoor de maansbaan in eene richting dwars op den voerstraal Zon—Aarde veel sterker wordt uitgerekt dan in de richting van dien voerstraal.

2°. De waarnemingen, waarop men zich grondde, werden vooral gedaan met behulp van slingers van bijzondere constructie, welker aanwijzingen in de eerste plaats berusten op de zwaartekracht en de veranderingen daarvan. Onder de oorzaken, waardoor de zwaartekracht ter plaatse van het waarnemingsinstrument verandert, behooren o.a. de rechtstreeksche invloed der getijkrachten op de slingers, en de invloed van rijzende en dalende bewegingen van den bodem, veroorzaakt door de vormverandering, welke de aardmassa juist door de getijkrachten ondergaat.

Daarvan echter kent men nòch het bedrag, nòch met zekerheid het verloop, nòch ook de fase. Van dit alles kent men met voldoende zekerheid eigenlijk alleen de getijkrachten en hare veranderingen, althans, wanneer men niet juist de verreweg sterkste, de *TV.*, buiten rekening laat. Doet men dit wel, dan is men reeds aanstonds op een dwaalweg, waarop men blijft, en helpt het niet, dat ook de rechtstreeksche invloed der getijkrachten op de aanwijzing der instrumenten zonder groote onnauwkeurigheid bekend zou kunnen zijn, want van de grootte, vorm en fase der vormverandering van de aardmassa weet men vrijwel niets.

Dat dit vraagstuk, dat uiterst ingewikkeld en moeilijk is, vooral wanneer het met onvolledige gegevens en misschien gepraejudiciëerd wordt aangevat, ten slotte tot uitkomsten kan leiden, welke, bij aanvaarding wellicht van nevenconclusies, gebaseerd op het resultaat der waarnemingen zelven, als voorshands juist worden aangezien, zonder dit in werkelijkheid te zijn, kan geene verwondering baren. Geene herhaling, met hoeveel zorg en bekwaamheid ook uitgevoerd en uitgewerkt, zal ooit de waarheid doen kennen, wanneer daarbij niet met den invloed der Tangentiëele getijkrachten is rekening gehouden. En ook dan nog zal misschien de wisselwerking der in aanmerking

komende factoren zulk een doolhof kunnen vormen, dat het lang kan duren vóór men er den weg in vindt.

3°. De moeilijkheid om in te zien, dat de component *mt* in fig. 2 inderdaad een relatieve versnelling van het massadeel *m* ten opzichte van *M*, dus van de massa als geheel, vormt, dienvolgens als werkelijke getijversnelling, beter gezegd als maat van een werkelijke getijkracht optreedt, blijkt bij velen voort te komen uit den als volgt weer te geven gedachtengang. Zij redeneeren aldus: Met de (in de figuur niet aangegeven) andere ontbondene van de aantrekkingsversnelling *mz*, welke in *m* loodrecht op *mt* staat (evenwijdig aan *tz*), vormt *mt* samen de aantrekkingsversnelling *mz*, en deze doet, afgezien van de uiterst geringe parallax γ *niets anders* dan *m* evenveel verplaatsen in de richting van de zon, als zulks met de massa als geheel het geval is; er is dus voor *m* geen relatieve versnelling ten opzichte van *M*. Het merkwaardige in deze redeneering nu is, dat speciaal voor dit geval de woorden „*niets anders*" worden ingelascht, terwijl toch dezelfde personen zeer goed weten, dat in volkomen analoge gevallen, zooals bv. bij de beweging van een planeet om de zon of van een satelliet om haar planeet, er zich wèl nog „iets anders" voordoet. Niemand zal ontkennen, dat dan een massa, waarvan de richting van beweging niet loodrecht is op die van de betreffende aantrekkingskracht, door de tangentiëele ontbondene daarvan een versnelling (of vertraging) ondergaat. In deze gevallen komt het effect van de tangentiëele kracht goed meetbaar aan het licht, omdat de vrij zwevende massa dat effect ten volle laat zien. Uit het feit, dat het o.a. door de sub 2° genoemde oorzaken, nog niet gelukt is het effect op het massadeel der aarde even onomstootelijk, geïsoleerd van dat van nevenoorzaken aan te toonen, te besluiten, dat voor dit geval de tangentiëel ontbondene der zons-aantrekkingskracht niet bestaat, is een ongerijmdheid.

De vorenstaande overwegingen leiden tot het vermoeden, dat de door Jupiter in de zonsmassa opgewekte *T.V.* daarin bewegingen zullen te voorschijn roepen, welke waarneembaar worden, en eventueel door een zekere periodiciteit het kenmerk dragen rechtstreeks met die planeet in verband te staan. Het zijn speciaal de „Zonnevlekken", welke wij hier op het oog hebben.

Gezien de bewegelijkheid van waarschijnlijk een groot deel

der zonsmassa, kan het zeer geringe bedrag van de door Jupiter daarin opgewekte getijkrachten zeker geen reden zijn om het hierboven uitgesproken vermoeden à priori van de hand te wijzen.

Bezigt men ter berekening van benaderde waarden der *TV.* welke Jupiter aan den equator in het buitendeel van de chromosfeer opwekt de navolgende waarden (c.q. gemiddelde):
Straal Jupiter's baan: 773-millioen km.,
Straal Zon: 691600 km.
Omwentelingstijd Zon: 25 dagen.
Omloopstijd Jupiter: 4332.588 middelb. dagen,

Massa Jupiter: $\frac{1}{1047,88} \times$ Massa Zon,

Aantrekkingsversnelling van de Zon op afstand Jupiter } 0,21779 mm/s,

dan vindt men:
Lineaire baansnelheid Jupiter: 12.975 km/s,
Lineaire rotatiesnelheid aan Zons-equator: 2.01178 km/s,

Versnelling van Jupiter's aantrekkingskracht op afstand Zon } 0.0002073 mm/s,

Maximum-*TV.* door Jupiter opgewekt aan Zons-equator } $\frac{32,225}{10^6}$ mm/s,

Maximum Storende Krachtversnelling door Jupiter in Zon opgewekt. } — { Naaste zonsrand: $\frac{0,7458}{10^6}$ mm/s, Verste „ $\frac{0.7418}{10^6}$ mm/s,

Maximum waarde van α 8°55'12".

De *TV.* is dus ruim 43,3 maal zoo groot als de Storende Krachtversnelling.

α bijna 9° zijnde, valt voor eenig massadeel aan den equator het tijdstip van de maximum *TV.* 5,625 dagen na het oogenblik, waarop het Jupiter in den meridiaan had, en evenzoo veel dagen daarvóór.

De uitkomst der berekening kan niet geheel juist zijn, omdat de straal van het chromosfeeroppervlak kleiner zal zijn dan de gebezigde, welke echter de eenig bekende is. Ook zal de lineaire rotatiesnelheid aan het oppervlak der chromosfeer grooter zijn dan die van de fotosfeer, welke echter ook de eenig bekende is.

Uit den aard der zaak zijn de *TV.* in de transparente sfeer het sterkst, en is daarin ook de hoek α grooter.

Het *TV.*-systeem dus ook het effect daarvan op de zonsmassa is door verschillende oorzaken aan verandering onderhevig, in de eerste plaats door de verandering van J.'s afstand, vervolgens ten gevolge van de helling der zonsrotatie-as op het baanvlak van de planeet. Door die helling zal het maximum van de vertikaal ontbondene der *TV.* zich in nagenoeg een halven omloopstijd van Jupiter verplaatsen van N-(Z) naar Z-(N) heliografische breedte. Deze breedten zullen ongeveer zijn de helft van den hoek, welken de zons-rotatie-as maakt met den normaal op J.'s baanvlak.

Dat hier die vertikaal ontbondene wordt genoemd, vindt zijn oorzaak in de waarschijnlijkheid, dat het juist deze is, welke door de wijziging en verschuiving van de vermindering in druk, welke daarvan een gevolg is, in het bijzonder invloed heeft op de vorming van wervels, evenals er reden is om te veronderstellen, dat een analoog gedrag van de zons-*TV.* in de atmosfeer onzer aarde de oorzaak vormt van de periodiek optredende tropische cyclonen.

Op het punt van periodiciteit valt op te merken, dat de bewegingstoestand van de zonsmassa een eigen karakter zal hebben, en dat dus zeer wel mogelijk die toestand bij het telkenmale terugkeeren van eene zelfde fase der getijkrachten ook telkens een andere kan zijn, waardoor ook het dan volgend verloop zich telkens eenigszins anders kan voordoen.

Waar zoovele, daaronder onbekende factoren in het spel zijn, valt op eene volkomen regelmatigheid van het resultaat niet te rekenen.

Het behoeft geen betoog, dat de hier waarschijnlijk geachte werking van Jupiter's *TV.*-getij op de zons-massa bezwaarlijk voor rechtstreeksch bewijs vatbaar zal zijn, en dat het aantoonen van den wijzigenden invloed van de getijen door de andere eventueel in aanmerking komende planeten allicht nog bezwaarlijker zal blijken. Toch moet men aannemen, dat die bestaat, en dat zoowel de Storende Kracht-getijen als de *TV.*-getijen in deze materie een rol spelen. Wegens de zeer verschillende combinaties van de richtingen, waarin de planeten ten opzichte van de zon en haar rotatie-as voortdurend komen te verkeeren en de veranderlijkheid der afstanden, ziet dit vraagstuk er wel afschrikwekkend ingewikkeld uit.

Het zal dan ook in eerste instantie waarschijnlijk het best te benaderen zijn door eene vergelijking van de frequentie en het gedrag der zonnevlekken met den loop van Jupiter's getijwerking en den periodieken terugkeer van de samenvalling van de door andere planeten veroorzaakte getijen met bepaalde standen van die van Jupiter; dit over een lange reeks van jaren.

Tot nadere toelichting en staving van sommige in het vorenstaande uitgesproken meeningen en veronderstellingen, laten wij hier nog eenige beschouwingen en toelichtingen volgen, welke voornamelijk de zonnevlekken betreffen, beter gezegd de cyclonische bewegingen in de zonsatmosfeer, hieronder nu ook de fotosfeer te begrijpen, welke zich voor het, enkel tegen de groote lichtsterkte gewapend oog, manifesteeren, wanneer het kernoppervlak er door is blootgelegd.

1°. Ondanks het groot verschil in afmetingen en materie, bestaat er, behalve in de oorzaken van beider ontstaan, ook analogie in het gedrag van de zons-cyclonen en dat van de tropische cyclonen in de aard-atmosfeer. Beiden ontstaan op betrekkelijk geringe breedte, en verplaatsen zich naar hoogere. De banen, welke zij op de zon volgen, zijn door verschillende oorzaken niet met zekerheid te volgen, maar er is reden om te onderstellen, dat ook die analoog zijn met die van de cyclonen op aarde.

De wervelbeweging wordt eerst waarneembaar, wanneer zij tot de fotosfeer is doorgedrongen. In de gezamenlijk zeer hooge laag van chromosfeer en transparente sfeer is zij niet visuëel waarneembaar. Het is dus niet na te gaan, hoeveel eerder zij daar ontstond, noch ook op welk punt. Ware dit als een zichtbaar punt te kenmerken, dat zijn plaats op den omtrek der transparente sfeer in de massa daarvan behield, dan zou het zeer waarschijnlijk blijken, dat het op een meer oostelijk gelegen meridiaan was gekomen dan die, waarop de werveling in de fotosfeer aanvangt en de zonnevlek zichtbaar gaat worden.

Die waarschijnlijkheid is dáárom zeer groot, omdat de wrijvingsoorzaak (meteoriten-inslag) ook in radialen zin verschillen in rotatie-snelheid (hoeksnelheid) ten gevolge moet hebben.

Op het eenvormig fotosfeer-oppervlak is vervolgens de verplaatsing in breedte wel met zekerheid te constateeren, maar die in lengte niet. Daar nu de verschillen in hoeksnelheid van de

rotatie met de breedte afnemen, is het zeker, dat een westwaartsche beweging van de vlek geconstateerd zou moeten worden, zelfs al bewoog die zich in de materie van de fotosfeer volgens den meridiaan. Valt er dus in het algemeen bij de zonnevlekken weinig westwaartsche beweging te ontdekken, dan kan dit misschien voor een deel liggen aan de moeilijkheid om op het eenvormig en toch veranderlijk fotosfeer-oppervlak met zekerheid waar te nemen, hoe de vlek zich in die materie verplaatst. Maar ook kan het zijn, dat in de zoo zware fotosfeer-materie de baanrichting van de cycloon een sterk meridionale richting en eene geringe kromming heeft.

Bij een en ander komt ook de hiervoren aangewezen bedriegelijkheid van de rotatiesnelheden, waargenomen op hooge randsbreedte sterk op den voorgrond.

Betreffende de radiale verschillen in rotatie-snelheid zij opgemerkt, dat die in de fotosfeermaterie misschien niet diep gaan. Wordt slechts een oppervlakkige laag daarvan door de wrijving tot grooter snelheid aangezet — een oppervlakstrooming alzoo — dan vinden wellicht de zoogenaamde „bruggen" in de vlekken daarin hun oorzaak.

2°. Ten gevolge van de radiale snelheidsverschillen zullen vermoedelijk de assen der cycloonwervels van beneden naar boven oostwaarts gebogen zijn, en te zamen met de verschillen in dichtheid, vooral in de chromosfeer, in en rondom de cycloon, zal het beeld van het gat, dat deze in de fotosferische laag boort (de „zonnevlek-umbra"), een bedriegelijk snelle en grillige verandering van vorm kunnen vertoonen.

Aan dezelfde oorzaken, vorm en stand van de cycloon-as en straalbuiging, is dan allicht ook de indruk te wijten, dat er meer zonnevlekken geboren worden aan den tijdelijk onzichtbaren dan aan den tijdelijk zichtbaren kant. Tenzij daarvoor een doorslaande reden is aan te wijzen, is zulks wel zeer onwaarschijnlijk. Daar de wervel eerst blijkt te bestaan, wanneer de fotosfeer in beroering komt (in den dampkring bestaat zij dan al lang), zal zij zeer wel op het midden van de „zonneschijf" kunnen ontstaan, maar nog niet als vlek verkenbaar zijn, en dit vaak ook nog niet, al heeft zij intusschen de kern reeds aangeboord, wanneer zij aan den oostrand gaat verdwijnen. Maar een waarnemer, die haar dan in het midden van de zonneschijf kon zien, zou wel zien, dat zij tot zonnevlek was geworden. Voor den waarnemer op

aarde zou het allengs zich versmallend wervelbeeld der fotosfeeroppervlakte allicht niet eens zoover te volgen zijn geweest. Komt zij nu als goed ontwikkelde zonnevlek aan den westrand te voorschijn, dan wordt zij geteld onder de oogenschijnlijk velen, die aan den achterkant zijn ontstaan.

In verband met de straalbuiging, aangegeven in fig. 1 (men bedenke, dat deze geheel schematisch is), zou men zich kunnen afvragen of een lang durende zonnevlek niet merkbaar langer zichtbaar dan onzichtbaar zou moeten blijven. Waren er op het fotosfeeroppervlak vaste punten, bv. bergtoppen, dan zou zulks met dezen zeker het geval moeten zijn. Zij zouden eerst bij den raakcirkel verdwijnen en daarop weder verschijnen. Maar met de werveltrechters staat het anders. Zoowel door den scherpen uitvalshoek der lichtstralen, als door den vorm en diepte der trechters en het sterk versmalde, c.q. onregelmatig beeld van hun vlakke opening op het fotosfeeroppervlak, onttrekt zich dit beeld, en dus zooveel te meer nog dat van de umbra aan de waarneming lang vóórdat die den raakcirkel bereikt, en ook nog geruimen tijd, nadat deze is gepasseerd. In een en ander ligt eene aanwijzing te meer om de bepaling van rotatiesnelheden door middel van de vlekken onzeker te achten. De onzekerheid wordt misschien, wat de vlek betreft, eenigszins verminderd, zoo die tweemaal aan den westrand wordt waargenomen, of wel op het midden, maar ingeval zij zich westwaarts heeft verplaatst, wordt de snelheid te klein gevonden.

3°. Door overeenkomstige oorzaken zal de indruk kunnen ontstaan, dat de zonnevlekken zelden eene breedte hooger dan ± 40° bereiken, niettegenstaande een waarnemer, geplaatst in of omstreeks de rotatie-as der zon ze een noemenswaard hoogere breedte zou zien bereiken. Op dit punt zou allicht statistisch eenige contrôle zijn te verkrijgen door na te gaan, of voor ons de zonnevlekken op hooger breedte uit het zicht verdwijnen op het halfrond, waarvan wij den pool zien.

4°. Ten opzichte van de vraag, waarom tijdens eene periode van zonnevlekken de vorm van e corona in het algemeen kennelijk schijnt te verschillen van dien, welken men waarneemt, wanneer het aantal vlekken gering is, valt het navolgende op te merken.

Indien de corona ontstaat door de hiervoren aangegeven oorzaken, is het zeer waarschijnlijk, dat zij altijd vrij snel van vorm

zou blijken te veranderen, wanneer men slechts in staat was haar doorloopend of althans met kortere tusschenpoozen dan tot dusverre waar te nemen. Het is dus een open vraag of men haar dan wellicht niet nu en dan ook in tijden van een maximum aantal vlekken zou zien onder een vorm, welke thans volgens een niet groot, in tijd zeer gespatiëerd aantal waarnemingen, wordt geacht min of meer specifiek bij tijden van een minimum aantal vlekken te behooren — en omgekeerd. De veranderlijkheid van den vorm toch hangt mede — misschien vooral af van de veranderlijke richting der Maansknoopenlijn, en daarmede van de verschillende richtingen, waaronder bij de totale verduisteringen de meteoriten-baanvlakken worden gezien, waarvan ook die, welke meer nabij overeenkomen met het hoofdvlak, toch altijd wel zekere hoeken met het eclipticavlak kunnen maken. Ook de verschillende dichtheden van de deelen van een zelfden stroom zullen een oorzaak van veranderlijkheid zijn, van welker periodiciteit echter niets bekend is.

Maar ook dan, wanneer het te zijner tijd mocht blijken, dat er altijd een kennelijk verschil in vorm der corona bestaat bij veel of weinig zonnevlekken, zou daarvoor eene onderstelling zijn te opperen, waarvan overigens de waarde thans nog niet te verifiëeren zou zijn. Evenals Jupiter's massa als overwegende in bepaalde deelen van haar baan, door het opwekken van bepaalde standsveranderingen van het *T V.*-getij in de zonsmassa, tot de vorming van cyclonen daarin aanleiding kan geven, is het denkbaar, dat zij in de meteoriten-banen, vooral die, welke weinig van het hoofdvlak verschillen, storingen aanbrengt, welke zich als wijzigingen van den corona-vorm zouden openbaren. Deze storingen, dus ook de verschillen in corona-vorm zouden dan, zij het al niet op geheel regelmatige wijze, toch in het algemeen eene periode hebben, overeenkomende met die van Jupiter's omloop, maar de vorm en sterkte der verschillen zou mede afhangen van de voorshands onbekende verdeeling van de dichtheid der zwermen, waaruit de betreffende stroom (of stroomen) bestaat(n).

Hoezeer allicht in mindere mate, kunnen ook de massaas der andere planeten overeenkomstige storingen in den loop der meteoriten-zwermen veroorzaken. De massaas dier planeten mogen kleiner zijn, maar zij kunnen meer van nabij worden gepasseerd.

5°. Wanneer, zooals te veronderstellen is, de oorzaak van de tropische cyclonen in onzen dampkring en die van de cyclonen, ontstaande in den equatoriaal-gordel van de zon gezocht moet worden in de breedte-verandering van de vertikaal ontbondene der *TV.* (bij de aarde die, welke de zon, bij de zon, die welke Jupiter veroorzaakt) bestaat er op dat punt eene analogie, waarbij zich echter ook kennelijke verschillen voordoen. Bij de aarde gaat die verandering symmetrisch en speelt de verdeeling van land en water een rol in de algemeene drukverdeeling in de atmosfeer.

Bij de zon ontbreekt laatstgenoemde factor, maar gaat daarenboven de verschuiving in breedte van die vertikaal ontbondene, dus ook van de gordels van minimum drukking minder symmetrisch, omdat de projectie van de rotatie-as van de zon op Jupiter's baanvlak niet loodrecht staat op de doorsnede van het zonsequatorvlak met het baanvlak van Jupiter, zooals zulks, mutatis mutandis, bij de aarde wel het geval is. Daar tevens de excentriciteit van Jupiter's loopbaan grooter is dan die van de aardbaan is het te verwachten, dat de periode van wederverschijning der zonnevlekken sterker van Jupiter's halven omloopstijd zal verschillen, dan zulks op aarde met de tropische cyclonen en den halven omloopstijd van de aarde het geval is.

Het Zons-*TV.*-getij veroorzaakt in onze atmosfeer, al of niet onder medewerking van résonance, eene elastische rijzing en daling, kenbaar aan de halfdagelijksche ongelijkheid van den barometerstand [1]). Het elastisch karakter daarvan manifesteert zich aan het feit, dat het maximum dier ongelijkheid op bergtoppen vroeger invalt dan op lager niveau.

Wanneer een overeenkomstig effect zich ook in den zonsdampkring voordoet, hetgeen wel aannemelijk is, dan met de periode van een halven omwentelingstijd, zal het, ook door de sterke inkrimping van het beeld der chromosfeer, toch nooit constateerbaar worden.

6°. Het verband van de zonnevlekken met de magnetische verschijnselen op aarde schijnt, volgens de waarnemingen, wel

---

1) G. F. Tydeman. De oorzaak van de halfdaagsche schommeling van den barometerstand en van de getijen in het algemeen. Tijdschrift van het Kon. Nederl. Aardrijkskundig Genootschap. 1913. No. 4.

Id. „Notes on Phenomena of a Geophysical Nature". Chapter III. Leiden. E. J. Brill. 1936.

als zeker te mogen worden aangenomen. Ook daaruit zou de waarschijnlijkheid volgen, dat de kern een groot percentage ijzerhoudende materie bevat en dat deze, evenals de aarde, maar in onvergelijkelijk sterker mate een magneet vormt, welke ons, nu eens haar noordpool, dan weer haar zuidpool toekeert. Wanneer de bewegelijke massa van de chromosfeer een zwakkere magneet van tegengestelde polariteit vormt, welke den invloed van de groote magneet iets verzwakt, dan zou dit wellicht verklaren, waarom bij het (als het ware) bloot komen van de kern door de cyclonen, in perioden van zonnevlekken de magnetische storingen sterker zijn.

7°. Het verband van de zonnevlekken-perioden met de toestanden in onze atmosfeer is minder zeker, al is eenige invloed van de veranderlijkheid der stralingswarmte daarop wel aan te nemen. Daaraan kan zich echter ook een rechtstreeksche invloed van Jupiter's massa paren door de wel is waar zeer zwakke, maar ook zeer veranderlijke *TV.* welke zij in onze, zoo uitermate bewegelijke atmosfeer opwekt.

8°. Voor het minder sterke licht van umbra en penumbra zijn verschillende oorzaken mogelijk te achten, te weten:

a. De in temperatuur gedaalde materie van de toppen der „granulatie-kolommen" zinkt in den cycloontrechter naar het kern-oppervlak. Hoewel die materie in de dunne laag, waaruit zij van de toppen dier kolommen vloeit, nog zeer transparent is, kan de zeer hooge kolom daarvan, welke den cycloontrechter vult, toch de lichtkracht van fotosfeer en kernoppervlak eenigszins verminderen.

b. Zoowel de afkoeling door die materie als het feit, dat het kernoppervlak, niet meer door de chromosfeermassa bedekt, rechtstreeks zijn warmte naar de ruimte uitstraalt, kunnen oorzaak zijn, dat de blootgekomen oppervlakkige kernlaag in temperatuur daalt, en dat daarmede ook de lichtkracht afneemt.

c. Evenals zulks, afhankelijk van physische samenstelling en menging van vlammende materie meer valt waar te nemen, kan de lichtkracht op het lagere niveau minder sterk zijn dan op het hoogere.

Bij visuëele waarneming speelt natuurlijk ook contrastwerking een rol, maar dit impliceert dan toch, dat er een reëel verschil in lichtkracht bestaat.

9°. In aansluiting op de onderstelling, dat de cyclonische

wervelingen zich over de geheele hoogte van den zonsdampkring uitstrekken, valt op te merken, dat zij, hoewel daarin rechtstreeks nòch op, nòch buiten het chromosfeeroppervlak waarneembaar, van hun bestaan misschien toch eenig teeken zullen geven bij het spectraal-analytisch onderzoek. De diameters der trechters toch kunnen zeer groot zijn en de wervelsnelheden ook. Maar ook dan nog kan het zijn, dat de spectroscoop dezelfde lichtsoort van beide kanten van een wervel opvangt. Bij gelijke snelheden zal er dan alleen verbreeding van spectraallijnen zijn, bij ongelijke snelheden ook verplaatsing, en eventueel buiging of verwringing. In een en ander ligt misschien de mogelijkheid om van de wervels afmetingen, vormen en snelheden te bepalen.

Zooals de lezer, indien er een is, zal bemerken, hebben wij ons in deze beschouwingen in hoofdzaak bepaald tot de rol, welke de algemeene aantrekking in de vorming van onze zon heeft vervuld en in haar voortbestaan nog vervult. Dit wil allerminst zeggen, dat wij de medewerking van de andere leden van de groote familie der natuurkrachten minder belangrijk zouden achten. Het kwam ons echter voor, dat, zooals het meer gebeurt, de verschijning van die aantrekkelijke dochters op het tooneel van de wetenschap er onwillekeurig toe kan hebben geleid, dat er verder minder aandacht aan de Moeder is gewijd. Indien er toch van die groote familie éène de Moeder is, dan zal dat wel de Algemeene Aantrekking zijn, die overal is en altijd, en aan geene voorwaarden gebonden.

Augustus 1937.

RÉSUMÉ.

Ongeacht de vraag of de Zon ontstaan is uit de samenballing van in de wereldruimte elkaar ontmoetende stroomen materie, welke in eersten aanleg hoofdzakelijk uit vaste stoffen (meteoriten), dan wel uit gassen bestonden, wordt de zon geacht in haar tegenwoordigen toestand te bestaan uit een sterk gloeiende kern van groote dichtheid, voor een deel uit (nickel-)ijzer bestaande, waaruit tot een betrekkelijk niet zeer groote, ongeveer gelijke hoogte kolommen opstijgen, bestaande uit een sterk lichtgevend

mengsel van gloeiende gassen en eventueel gesmolten, vaste stoffen, dat een tamelijk groote dichtheid heeft. De niet aaneengesloten toppen dier kolommen vormen te zamen een gegranuleerd oppervlak, dat als „fotosfeer" wordt gezien. Buiten deze bevindt zich een atmosfeer, welke tot eene vrij groote hoogte bestaat uit een in sterke turbulentie verkeerend mengsel van gloeiende gassen en fijn verdeelde vaste stoffen, welk mengsel een veel geringer dichtheid heeft dan de fotosferische massa, en, hoewel niet volkomen, transparent is. Deze atmosferische laag wordt gezien als de „chromosfeer".

Op de chromosfeer ligt, tot eene groote hoogte een gasvormige laag van veel minder dichtheid dan de chromosfeerlaag, en van een praktisch volkomen doorschijnendheid, reden waarom deze laag de „transparente laag" is genoemd.

Ten opzichte van de dichtheden, moet steeds de groote zwaartekracht op de zon in het oog worden gehouden.

De transparente sfeer wordt geacht zichtbaar te zijn als randlicht van de corona.

Dat het gezichtsbeeld van de zon zeer sterk van deze beschrijving afwijkt, wordt geacht een gevolg te zijn van straalbuiging. Daar deze in de chromosfeerschaal en de transparente sfeer te zamen belangrijk zal zijn, verschijnt het beeld van de fotosfeer als veel grooter dan het zonder die straalbuigingen zou zijn. Daar de buitenrandstralen der chromosfeer in de transparente sfeer een vrij sterke buiging zullen ondergaan, is het gevolg van een en ander, dat het beeld van de fotosfeer naar den omtrek toe progressief wordt uitgerekt (een der oorzaken van de afneming van de lichtsterkte in die richting), en dat de uitrekking van den buitenrandstraal der chromosfeer betrekkelijk gering is. Het beeld van de chromosfeer wordt daardoor tot een schijnbaar zeer geringe hoogte gereduceerd.

De buitenrandstralen der transaprente sfeer ondergaan geen buiging, zoodat ook hare hoogte kleiner schijnt. dan die werkelijk is.

De kern alzoo ook veel kleiner zijnde dan die wordt ondersteld, moet de dichtheid daarvan veel grooter zijn dan de gemiddelde dichtheid der totale massa.

Het corona-verschijnsel wordt verklaard te zijn het deels door reflexie van het zonlicht, anderdeels door gloeiïng ontstaand eigen licht van de meteoriten, welke onafgebroken in uiteen-

loopende baanvlakken, in zwermen van verschillende dichtheid en materie door hun perihelium gaan. Die, welke gevangen worden door de transparente sfeer, vormen het randlicht van de corona en het voedsel, dat het leven van de zon onderhoudt. Uit den inslag dezer meteoriten vloeien de grootere equatoriale rotatiesnelheden voort.

De zonnevlekken worden geacht het analogon te zijn van de equatoriale cyclonen der aardatmosfeer, trechtervormige wervels, waaraan ook de fotosfeerlaag deelneemt, en waardoor het kernoppervlak zichtbaar wordt (de „umbra").

Verschillende bijzonderheden vallen hieruit te verklaren, zoowel van de wervels zelven als van de protuberanzen, welke worden geacht straalbrekingsverschijnselen te zijn, veroorzaakt door dichtheidsverschillen in de transparente sfeer, welke een gevolg zijn van de wervelingen en van de ook in die sfeer doordringende atmosferische turbulentie.

De oorzaak van de cyclonen wordt geacht te liggen in de werking van de „gewone" en de „Tangentiëele" getijkrachten, welke de planeten, waaronder Jupiter als verre overwegende factor, in den zonsdampkring te voorschijn roepen. De veranderlijkheid in de verschijning der zonnevlekken en het verband met den omloopstijd van Jupiter vinden daarin in algemeenen zin een verklaring.

Van de resultaten van het onderzoek op het gebied van spectraal-analyse en atoom-theorie is nagenoeg geen gewag gemaakt, wordende het aan die wetenschappen overgelaten om, nadat zij hare eigen geheimen zullen hebben ontdekt, de waarde van de geopperde hypothesen te toetsen.

III.

DE „SIMA-SIAL-DRIFT"-THEORIE.

De Poolvlucht?

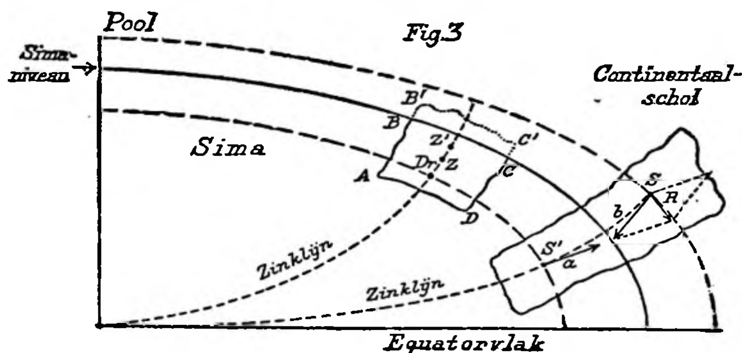
In leerboeken der Geophysica (o.a. Lehrbuch der Geophysik von Dr. B. GUTENBERG, § 233, pag. 366) wordt eene verklaring gegeven van hetgeen onder „Polflucht der Continente" is te verstaan en van den oorsprong der krachten, waaraan dit verschijnsel zou zijn toe te schrijven. Die verklaring komt in het kort op het navolgende neer:

Wanneer eene continentale massa van b.v. 2,9 dichtheid drijft in de sima-laag van b.v. 3,0 dichtheid, ligt het zwaartepunt van de eerstgenoemde massa hooger dan dat van de sima-massa, welke zij verplaatst. Het zwaartepunt dezer laatste ligt dus op een lager niveau, dat een (zeer) kleinen hoek maakt met het niveau, waarin het zwaartepunt van de continentale massa is gelegen, en wel in dien zin, dat de resultante der opdrijvende krachten van de sima-massa, welke resultante als aangrijpende in haar *zwaartepunt* wordt gedacht, een kleiner hoek maakt met het equatorvlak dan de zwaartekracht van de continentale massa. Beide krachten, aldus de conclusie, zijn even groot, maar liggen niet in elkaars verlengde; zij leveren dus een kracht op, gericht naar den evenaar — de kracht, welke „poolvlucht" veroorzaakt.

Bijgaande schematische figuur 3, overeenkomende met de door GUTENBERG gegevene, moge ter verduidelijking dienen. Daarin stellen *S* en *S'* de zwaartepunten voor resp. van een vastelandsschol en van de daardoor verplaatste sima, *b* en *a* respectievelijk de zwaartekracht van eerstgenoemde en de opdrijvende kracht van de sima. *SR* wordt geacht de equatorwaarts gerichte resultante (de poolvlucht veroorzakende) te zijn.

Betreffende deze voorstelling valt eene opmerking te maken, welke overigens aan de conclusie, zoo die juist ware, geen afbreuk zou doen.

Het aangrijpingspunt van de opdrijvende krachten der sima, welke immers geacht wordt als vloeistof te werken, ligt namelijk niet in het zwaartepunt maar in het drukkingspunt, dat lager gelegen is. De poolvluchtkracht zou diensvolgens nog iets grooter zijn dan zij wordt aangenomen.



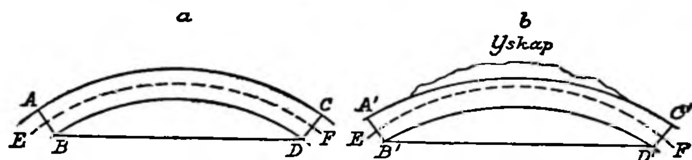


Fig. 4

Nu blijkt echter uit eene nadere beschouwing van de ter sprake komende krachtsystemen, dat de gevolgde redeneering fout is. Dit blijkt duidelijk uit hetgeen hier volgt.

Noemen wij de lijnen volgens welke in een, vrij in de ruimte gedachte vloeistofmassa zinking zal plaats hebben, kortheidshalve „zinklijnen", dan zullen deze tevens de lijnen zijn, volgens welke in tegengestelde richting de opdrijving zal plaats hebben.

In de niet roteerende vloeistofmassa (bol), welke hetzij homogeen is, hetzij uit homogene, concentrische, spherische lagen bestaat, is de zinklijn eene rechte — de straal.

Gaat die bol roteeren, dan neemt hij den spheroïdalen vorm

aan; de zinklijnen veranderen in kromme lijnen, welke op elke diepte loodrecht op het niveauvlak dier diepte staan. Heeft de rotatie overal dezelfde hoeksnelheid, dan is de massa overal in evenwicht, maar de zink- en opdrijvingsrichtingen van uiteenloopende diepten liggen nu niet in elkaars verlengde, daar zij overal vallen langs de gebogen zinklijn.

Denkt men zich nu een willekeurig volume van de vloeistof (*A B C D* in de fig.) vervangen door een *star* blok van homogene materie, van juist dezelfde dichtheid en vorm, dan zal dit aan den evenwichtstoestand niets veranderen, niettegenstaande ook nu de richting van de resultante der opdrijvende krachten een even grooten hoek zal maken met die van de zwaartekracht van het blok, als te voren met die van de vervangen vloeistofmassa. Dat verschil in richting is inherent aan, in feite eene *conditio sine qua non* voor evenwicht. Een poolvluchtkracht kan daardoor niet ontstaan.

Denkt men zich nu dit blok vervangen door een ander (*A B' C' D*) van gelijk gewicht, maar geringer dichtheid, waarvan het ondergedompeld deel in vorm en grootte gelijk is aan het daareven beschouwde blok, dan reikt nu een deel daarvan boven de vloeistof; dan is blijkbaar, zoo dit blok in evenwicht is, de massa van dit bovendrijvende deel zoodanig verdeeld, dat ook nu weder het zwaartepunt van het blok, hooger dan te voren, op de onveranderde opdrijvingslijn van de vloeistof ligt, en dat de richting van de zwaartekracht van het blok ook nu raaklijn aan diezelfde kromme is. Immers, alleen in dat geval zal het vooropgestelde evenwicht blijven bestaan.

Het meergenoemde richtingsverschil zal nu iets grooter zijn dan te voren, maar ook nu kan daaruit geen poolvluchtkracht ontstaan.

Het laatst beschouwde geval is dat van het continentaal blok, dat ondersteld wordt vrij in de sima te drijven.

Mocht het daarbij niet in evenwicht liggen, dan zal het om zijn zwaartepunt, *dat daardoor niet van plaats verandert*, hetzij poolwaarts, hetzij equatorwaarts zooveel kantelen, dat de evenwichtstoestand bereikt wordt. De geringe verplaatsing, hetzij poolwaarts, hetzij equatorwaarts, welke het bovendeel van het blok door die draaiïng ondergaat, kunnen nòch „equatorvlucht", nòch „poolvlucht" heeten.

Hoezeer het na het bovenstaande, misschien overbodig moet

heeten, willen wij er toch nog op wijzen, dat de natuur niet heeft medegewerkt om de poolvlucht-gedachte geloofwaardig te maken.

Wel is er toevallig, na de laatste regeneratie der aardkorst, rondom en nabij den Noordpool geen continentale schol, maar aan den Zuidpool is er wel een, en in den equatoriaalgordel ontbreekt de aanzameling, welke men er zou mogen verwachten.

Het feit, dat de poolvluchtkracht niet bestaat, geeft op zichzelf nog geen recht tot de conclusie, dat de Sima-Sial-Drift-theorie ook op eene dwaling moet berusten, en een daadzakelijk, aan geen twijfel onderhevig bewijs voor hare juistheid of onjuistheid zal voorshands en misschien nooit met zekerheid zijn te leveren. Maar het feit, dat er tal van verschijnselen bekend zijn, welke slechts door ontzaggelijk groote krachtswerkingen kunnen zijn te voorschijn geroepen, en dat van velen daarvan de gelijktijdigheid van hun gebeuren voor uiteenloopende deelen van het aardoppervlak op goede gronden wordt aangenomen, terwijl allen te zamen in de theorie der secundaire korstdraaiïng in algemeenen zin eene gereede verklaring vinden [1]), al zullen dan de details dier verschijnselen slechts na veel verder voortgezet onderzoek en studie te verklaren zijn, geeft aan deze theorie een steun, welke hare waarschijnlijkheid onzes inziens doet uitsteken boven die, welke de Sima-Sial-Drift-theorie tot grondslag neemt. Om niet te zeer in herhaling te vallen, zullen wij met verwijzing naar onze hiervoren genoemde verhandeling, en meer in het bijzonder naar Chapter V, „Glacial Periods and Mountain Building", ter staving van deze meening enkele argumenten voor beide theorieën in nadere beschouwing nemen.

Alvorens daartoe over te gaan, schijnt het ons gewenscht eenige regelen te wijden aan eene theorie, van welke wij meenden, dat zij reeds lang als een volkomen onhoudbare werd beschouwd.

Dit betreft de zoogenaamde „Pendulatie van de rotatie-as der aarde".

Volgens deze theorie zou de geheele aardmassa als een onverbrekelijk geheel van kern en korst, hare rotatie in bepaalde geologische perioden, dus zelfs meer dan eens, zoodanig gewijzigd hebben, dat die ten slotte geschiedde om een as, welke een hoek van vele tientallen van graden zou hebben gemaakt met de

---

1) G. F. Tydeman. Notes on Phenomena of a Geophysical Nature. Leiden. E. J. Brill. 1936.

tegenwoordige rotatie-as, en tevens, op weinig verschil na, denzelfden stand ten opzichte van het ecliptica-vlak zou hebben gehad, welken zij nu heeft. Zonder dit laatste toch zou de verklaring, waarom het bij het onderstelde proces te doen is, geheel falen. De bedoeling is namelijk, onder meer, te verklaren, hoe het komt, dat de aarde steenkolengordels bezit, welke op cirkels van het aardoppervlak liggen, die geheel verschillen van de tegenwoordige tropengordels.

Op grond van de volkomen gerechtvaardigde conclusie, dat dan die andere gordels tropengordels moeten zijn geweest, wordt in verband met de door geen enkel reëel bewijs gestaafde meening, dat kern en korst een onverbrekelijk geheel vormen, de gevolgtrekking gemaakt, dat dan de geheele massa de bovenbedoelde wijzigingen van hare rotatie zou hebben ondergaan, wijzigingen, welke toch vermoedelijk door niemand, die begrip van en gevoel voor de beweging van massa heeft, ooit mogelijk zullen worden geacht. Toch zou dan met de ontzaggelijke massa van de aarde dit wonder op het gebied van de Mechanica meer dan eens moeten hebben plaats gehad, zonder dat daarvoor met den besten wil en de sterkste fantasie een verklaring zou zijn te bedenken.

De eenige aannemelijke en voor de handliggende verklaring van de groote veranderingen in breedte, welke de poolpunten van de aardkorst blijkens waarnemingen op uiteenloopend gebied zonder twijfel diametraal in ongeveer gelijke mate hebben ondergaan, komt ons voor te zijn, dat er slechts een vrij los verband tusschen kern en korst bestaat, en dat deze door aanwijsbare oorzaken, welke *niet kunnen* uitblijven, meermalen „zijdelingsche" draaiïngen om de kern moet hebben ondergaan over tientallen graden. Dat hierdoor een zeer groot aantal verschijnselen in algemeenen zin een ongedwongen verklaring vinden — daaronder ook groote plaats- en standsveranderingen van continenten — meenen wij elders te hebben aangetoond, en zal hierna in geresumeerden vorm worden aangegeven. Wij hebben daaraan toegevoegd beschouwingen over ééne bepaalde, geopperde verklaring van het „drijven der continenten", omdat die beschouwingen tevens wijzen op de onwaarschijnlijkheid, dat de mogelijkheden en de enorme krachten, welke er voor hunne verplaatsing noodig zijn, ooit op een andere wijze zouden kunnen ontstaan dan door de secundaire draaiïng van de korst om de kern.

Dat de seismoligie het bestaan van een voldoend vloeibare laag tusschen korst en kern zeker niet weerspreekt, hebben wij in een ander geschrift duidelijk trachten te maken [1]).

In aansluiting op het vorenstaande en op hetgeen nader over de „Sial-Sima-Drift-theorie" zal worden gezegd, moge hier reeds thans worden gewezen op een argument, dat tot steun van deze theorie wordt aangevoerd, te weten: de isostatische verschijnselen.

Deze worden, waar het de langzame rijzing van bepaalde deelen van de aardkorst betreft, verklaard uit de ontlasting, welke die deelen hebben ondergaan door de verdwijning (smelting) van de ijsbelasting, welke daarop vroeger heeft gelegen. De daardoor lichter geworden continentale schol wordt ondersteld door de langzaam als een vloeistof werkende sima-laag geleidelijk te worden opgedreven, totdat zij weder in evenwicht is met het gewicht van het volume sima, dat zij verplaatst.

Dit zou plausibel genoeg klinken, wanneer kon worden verwacht, dat de daarvoor beschikbare drukking *per eenheid van oppervlak* groot genoeg ware om de basalt-vast onderstelde materie sima tot een begin van plasticiteit te dwingen, in zulk eene mate, dat daaruit een totale kracht ontstond, groot genoeg niet alleen om het gewicht van de continentale schol te lichten, maar bovendien om den wrijvingsweerstand te overwinnen, welke deze rondom over haar geheele „staande" oppervlak van de haar omgevende korstmaterie ondervindt.

Bedenkt men, welke enorme horizontale drukkingen er in de aardkorst, enkel reeds door haar eigen gewicht overal moeten heerschen, drukkingen, welke haar tot een ontzaggelijk sterke, aaneengesloten schaal maken, dan is het wel zeer onwaarschijnlijk, dat door de hier beschouwde oorzaak eenig deel daarvan zich aan dien greep zou kunnen onttrekken en, ondanks de oogenschijnlijk gunstige omstandigheid, dat de vertikale buitenkanten van zulk een deel tot een prismatischen vorm leiden, enkel door eenig verschil in soortelijk gewicht zou gaan opdrijven.

Toch is het rijzen van deelen van het aardoppervlak onloochenbaar; maar de verklaring daarvan schijnt ons, ook zonder de onderstelde werking van een sima-laag, op eenvoudiger wijze te geven, en wel als volgt:

---

1) G. F. Tydeman. The Birth of Earth and Moon. E. J. Brill. Leiden. 1937.

Beschouwt men eenvoudigheidshalve de aarde als bolvormig, en de korst overal van gelijke dikte en van homogene samenstelling, dan is een vlak van gelijke tangentiëele (horizontale) drukkingen een boloppervlak, concentrisch met de korst (fig. 4*a*). Deze figuur stelt schematisch een cirkelvormig deel van de korst voor (*A B D C*), dus een bolschaal. *E F* is daarin een vlak van gelijke horizontale drukkingen, dat nu tevens een vlak van gelijke vertikale drukkingen is.

Onderstellen wij nu, dat dit korstdeel op een pool komt te liggen en daar met eene ijsbedekking belast wordt. Dan ontstaat de toestand aangegeven in fig. 4*b*.

Door de belasting worden in de schaal zoowel de vertikale als de horizontale drukkingen vergroot; deze laatste ook op het kegeloppervlak *AB* — *CD*, dat de schaal begrenst.

Het gevolg zal zijn, dat de schaal vlakker wordt; dat haar materie wordt samengeperst en die, welke de schaal omsluit, wordt ingedrukt, een en ander geleidelijk juist zooveel, dat het bolvormig oppervlak *E F* zijn oorspronkelijken vorm behoudt. De daling van de vergroote massa der schol zal nl. zoover gaan, dat de korst gemiddeld den bolvorm behoudt, en zou behouden, zoo er verder niets veranderde. Een groot deel van het scholoppervlak zou dan op lager niveau blijven.

T.z.t. echter komt door eene secundaire draaiïng van de korst om de kern, deze schol op eene lagere breedte, waar het ijs allengs verdwijnt. De vertikale, zoowel als de horizontale drukkingen in de schol nemen af; de omringende horizontale drukkingen persen de schol weder omhoog in haar vroegeren vorm, tot haar oppervlak den ouden vorm en stand heeft, wijzigingen door erosie, a.a. daargelaten.

Het behoeft geen betoog, dat de werkelijkheid aan een zóó regelmatig voorgestelden gang van dit proces niet beantwoordt.

Snelheid, verdeeling en duur van de belasting en ontlasting, erosie, werking in aangrenzende korstdeelen, verandering in kromming bij verandering in breedte, traagheid van het effect der drukkingsveranderingen, en misschien meer nog, zijn even zoovele factoren, welke den gang van zaken beïnvloeden. Eén ding echter zal waarschijnlijk altijd wel met vrij groote zekerheid kunnen worden verwacht. Wanneer de ijsbedekking aan de pool een geologisch tijdperk lang den tijd heeft gehad om haar gewicht te doen gevoëlen, dan zal allicht de schol tot volledigen

evenwichtstoestand gedaald en geconsolideerd zijn; maar, wanneer daarna de verandering in breedte en het smelten van de ijsbedekking in een betrekkelijk kort tijdsverloop hun beslag hebben gekregen, zal het misschien zeer lang kunnen duren, vóór dat de schol weder tot een evenwichtsstand gerezen is.

Het effect van dit proces is gelijk aan dat van eene „isostatische" beweging, maar de oorzaak is een andere.

Het is duidelijk, dat een gang van zaken berustende op overeenkomstigen grondslag, zich, zij het niet altijd naspeurbaar, overal moet voordoen, waar bv. bergvorming en sedimentatie overbelasting aanbrachten, erosie belasting heeft weggenomen.

Waar wij meenen, dat het hier aangevoerde logisch aansluit bij het vele, dat pleit voor het bestaan van een zeer sterke aardkorst, overal gesteund door sterke spanning van een gashoudende laag gesmolten magma, wil het ons voorkomen, dat er plaats noch noodzaak is voor een Sima-Sial-Drift-theorie, welke juist op twee van de belangrijkste punten — de groote verplaatsing van de poolpunten met behoud van hun diametrale ligging en het ontstaan van de ontzaggelijke krachten, welke continenten in botsing kunnen brengen en hooge bergketenen kunnen opstuwen — geen enkele aannemelijke verklaring weet te geven.

De secundaire draaiïng van de aardkorst.

Het schijnt gewenscht in de eerste plaats de redenen, waarom wij moeten aannemen, dat de vaste aardkorst een verbazend sterke schaal is, waarvan het gewicht voor een deel wordt opgeheven door de spanning van gassen, besloten in de plastisch-vloeibare buitenste kernlaag, nader te beschouwen. Hierbij zal eenvoudigheidshalve worden aangenomen, dat de korst bolvormig is, overal 30 km. dik, en overal eene gemiddelde dichtheid heeft van $3^1/_3$. Dat het eerstgenoemde cijfer onzeker, en het laatstgenoemde voor de aangenomen dikte allicht te groot is, doet voor de eindconclusie, deze in algemeenen zin beschouwd, niet ter zake.

Dat de vaste korst bij de betrekkelijk geringe aangegeven dikte zou kunnen bestaan als een volkomen ongesteund geheel, is ondenkbaar. Bij welke, zeer veel grootere dikte zulks wel het geval zou kunnen zijn, kan hier buiten beschouwing blijven.

Ware de samenstelling overal homogeen, de dikte overal dezelfde en de vorm inderdaad een bol, en deze niet onderhevig

aan onevenwichtig daarop inwerkende krachten, dan ware de bestaansmogelijkheid, vrij van de kern, voor een oogenblik misschien nog te denken, maar niet van eenigen duur. Want de tangentiëele (horizontale) drukking, waaraan de massa van dit bolvormig boog-gewelf ten gevolge van de zwaartekracht overal in elke richting zou zijn blootgesteld [1]), zou de, hier homogeen onderstelde materie overal plastisch zoodanig vervormen, dat, met behoud van den bolvorm, de straal kleiner, de dikte grooter werd. Dit proces zou doorgaan, totdat de binnenzijde van de korst aansloot op de buitenzijde van de kern; en die aansluiting zou overal gelijktijdig en dezelfde moeten zijn, daar anders ergens afwijking van den vorm, c.q. breuk zou ontstaan.

Bij de eerste aanraking van korst op kern zou dit proces van „inklinking" niet ophouden; want, ook al ware de kern ondanks haar groot volume volkomen onsamendrukbaar, dan zou toch het gewicht van de korstmaterie de inklinking daarvan doen doorgaan, totdat de grens daarvan was bereikt.

Met welk gewicht dan de korstmaterie per eenheid van oppervlak op de kernmaterie zou drukken, valt uit den aard der zaak niet te gissen, daar dit zou afhangen van de samendrukbaarheid en den daarmede verband houdenden inwendigen weerstand der korstmaterie. Wat echter wel kan worden gezegd, is, dat de tangentiëele drukking in deze materie zou afnemen in dezelfde reden als die waarin het deel van het gewicht der korstmaterie, dat als druk op de kern overgaat, zou toenemen. Droeg de kern dat gewicht overal geheel, dan zou de tangentiëele druk in de materie der korst geheel zijn opgeheven. Draagt de kern het halve gewicht, dan zijn de tangentiëele drukkingen in de korst tot op de helft gereduceerd, enz.

Deze beschouwing gaat ook op, wanneer de kern, inplaats van geheel onsamendrukbaar, overal in gelijke mate samendrukbaar zou zijn, en ook, wanneer men niet den ondersteldén, onbestaanbaren begintoestand — korst en kern los van elkâar — als uitgangspunt neemt. Die onbestaanbaarheid is niet alleen à priori manifest op grond van het feit, dat in werkelijkheid aan geen van de eischen van regelmatigheid, homogeniteit, enz.

---

1) In het hier ondersteld denkbeeldig geval zou die drukking gemiddeld 1056 ton per c.m.^{2} bedragen. Wordt het gewicht van de korst voor de helft door inwendigen tegendruk opgeheven, dan zouden de tang. drukkingen 528 ton per c.m.^{2} bedragen.

voldaan wordt, maar, zooals uit het bovenstaande valt te besluiten, ook, omdat daaruit ten slotte altijd als eindtoestand zou voortvloeien, dat de korst door de zwaartekracht, tot een klemmende schaal om de kern zou worden sâamgekrompen.

Die eindtoestand kan niet daarin bestaan, dat de materie der korst tot haar volle gewicht op de kern rust, want de inklinking dier materie heeft zoowel in horizontalen als in vertikalen zin plaats. Er zal dus altijd ook in horizontalen (tangentiëelen) zin druk overblijven, en hieruit volgt, op grond van het vorenstaande, dat de korst slechts voor een deel van haar gewicht op de kern kan rusten, m.a.w. voor een deel „zelf-schragend" moet zijn.

Bij een idealen toestand van volledige regelmatigheid in figuur en verdeeling van de dichtheid der korstmassa, zou de verhouding tusschen den druk op het kernoppervlak en hetgeen het „zelf-schragende" kan worden genoemd, overal juist dezelfde zijn, m.a.w. de tangentiëele drukkingen, welke het bolvormig booggewelf der korst tot één sterk samenhangend geheel maken, zouden overal gelijk zijn.

Waar in werkelijkheid deze toestand van regelmatigheid niet bestaat, en niet blijvend kan bestaan, kan ook zulk een toestand van evenwichtigheid niet bestaan, maar zullen er steeds verschillen aanwezig zijn, naar welker vereffening de zwaartekracht voortdurend blijft streven, echter zonder ooit tot een toestand van evenwicht te kunnen leiden, omdat, andere oorzaken daargelaten, de gevolgen van erosie en sedimentatie dien voortdurend veranderen op eene wijze en in een tempo, welke door de achteraankomende uitwerking van de zwaartekracht nooit kan worden achterhaald. Het is juist de accumulatieve werking van dit achterblijven, die ten slotte leidt tot een toestand van onevenwichtigheid van de korst, zich uitende in hare draaiïng om eene secundaire as met alle gevolgen van dien.

Even zoo min als voor de korst in haar geheel een volledig rusten tot haar geheele gewicht op het kernoppervlak mogelijk is, is dit ook voor een deel der korst het geval, omdat de tangentiëele drukkingen in de korst alom aanwezig en continuëel zijn. Geen deel der korst kan dus als een afzonderlijk geheel op een onwrikbaar vasten ondergrond rusten, vrij, als het ware van de omringende massa der korst. Ware dit voor een oogenblik denkbaar, dan zouden in zulk een deel de tangentiëele krachten (niet te verwarren met de vastheid van het gesteente, verkregen

door vroegere drukking) tot nul gereduceerd zijn, hetgeen zich ongetwijfeld zou manifesteeren aan breking en aan hellingsverandering der onderdeelen van zulk een schol, in het algemeen aan bewegingen van de massadeelen daarvan, veel grooter en sneller dan zij ooit worden waargenomen. Zelfs die bewegingen, welke wegens de gevolgen voor den mensch en zijn maaksels somtijds catastrofaal worden genoemd, zijn in vergelijking met de massa en de afmetingen der aarde altijd nog uiterst klein, voor een deel niet anders dan de gevolgen van de vereffeningen van verschillen in de alom aanwezige zeer groote tangentiëele drukkingen.

Hetgeen geldt voor een willekeurig korstdeel, geldt voor alle, diensvolgens ook voor het geheel: de korst moet één zeer sterk samenhangende schaal zijn, welke voor een deel zelf-schragend is, voor het andere deel van haar gewicht gesteund wordt door de kern; en uit de evenwichtigheid en rust, welke de korst vertoont, ondanks de vormveranderingen, welke de geheele massa door getijwerking ondergaat, valt te besluiten, dat nergens vaste korstmassa rechtstreeks op vaste kernmassa steunt, maar dat beiden door een voldoend dikke laag plastische materie gescheiden zijn. In verband met de waarschijnlijk daarin heerschende temperatuur, is de onderstelling gerechtvaardigd, dat de plasticiteit dier laag op eene bepaalde diepte is gelijk te stellen met de vloeibaarheid van gesmolten magma, en dat dit, ten gevolge van daarin aanwezige gassen in fijn verdeelden toestand, eene zekere mate van elasticiteit moet bezitten. Want zonder die eigenschap, welke alleen op die wijze verklaard kan worden, is het niet aannemelijk, dat deze massa zonder storende schokken de vereischte vormveranderingen zou kunnen opvangen, en het bijna volmaakt rustige gedrag van de korst zou kunnen waarborgen. Dat de aanwezigheid van die gassen, welker spanning bij den onderkant der korst blijkbaar in evenwicht moet zijn met dat deel van het korstgewicht, dat door de kern wordt gedragen, zich bij elke vulkanische uitbarsting manifesteert, behoeft nauwelijks vermelding (Mont Pelée).

Tot hoever de vloeibaarheid van het magma naar de diepte reikt, kan hier in het midden blijven; ongeacht deze diepte vormt het hier beschreven verband tusschen korst en kern de basis voor eene ongezochte verklaring van de „regeneraties" der aardkorst en van hetgeen zij draagt door hare draaiïng om eene

secundaire as, op de wijze hieronder in het kort omschreven. Eerst echter beschouwen wij

D e S i m a - S i a l - D r i f t - t h e o r i e.

Een factor, welke bij de „Drift"-theorie van groote, feitelijk afdoende beteekenis is, en waaromtrent geene gegevens bestaan, is de *mogelijkheid* van eene plastische verdringing van de Sima door de continentale (Sial-)schollen, ook in horizontalen zin.

Het plastisch worden van vaste materie, zonder opzettelijke verhooging van de temperatuur tot nabij het smeltpunt, bestaat in eene door drukking te weeg gebrachte geleidelijke onderlinge verschuiving van de moleculen of kristallen der materie zonder dat daardoor scheuring of breuk ontstaat.

Er bestaan velerlei stoffen van zeer uiteenloopenden aard, welke aldus op drukking plastisch kunnen reageeren.

In het algemeen — maar niet altijd — is het bij substanties van groote vastheid een eisch, dat, om breuk te voorkomen, de groote drukking, welke zij behoeven om het verschijnsel te vertoonen in eene mate, welke waarneembaar wordt, geleidelijk wordt aangebracht, en voor sommige substanties ook, dat de drukking alzijdig is. Onder die voorwaarden is het b.v. door geëigende proefneming gebleken, dat marmer, zonder opzettelijke verhooging van de temperatuur, bij eene lang aangehouden, *zeer hooge drukking per eenheid van oppervlak*, plastisch vervormbaar is.

Bij sommige metalen is dit reeds het geval in een zeer kort tijdsverloop, wanneer slechts de druk *per eenheid van oppervlak* groot genoeg is. De vastheid (inwendige weerstand) van het metaal geeft dan daarbij den alzijdigen druk, welke scheuring voorkomt. Het inslaan van stempelletters en -figuren en het koud vervormen door hamerslagen zijn voorbeelden daarvan.

De moleculaire samenstelling van sommige stoffen (lak, pek, asphalt) laat toe, dat de plastische toestand reeds bij geringen druk optreedt.

Daargelaten of er uitzonderingen zijn, zal men wel mogen aannemen, dat voor elke materie, welke voor plastisch worden vatbaar is, de plasticiteit bij een zelfden druk des te eerder intreedt naarmate de temperatuur der stof dichter bij haar smeltpunt ligt.

De „kamertemperatuur" ligt voor lak, asphalt, enz. dicht

daarbij, is echter voor metalen ver daaronder. Bij deze laatsten echter zal, bij een snel aangebrachten hoogen druk per eenheid van oppervlak, temperatuursverhooging een rol spelen. Van de temperatuur van rots-species in de *vaste* aardkorst zal men wel mogen aannemen, dat die nog vrij ver beneden het smeltpunt ligt.

Wanneer men nu de vraag stelt of bij elke daarvoor overigens vatbaar gebleken materie de overgang tot den plastischen toestand bij elke temperatuur reeds bij den geringst mogelijken druk plaats grijpt, dan meenen wij, dat op grond van alle ondervinding die vraag met beslistheid ontkennend moet worden beantwoord, dat er dus voor elke stof bij elke temperatuur een bepaalde grens is voor de drukking, beneden welke volstrekt geene plasticiteit zal ontstaan, alzoo ook geene plastische verdringing der materie zal plaats hebben, al wordt een druk beneden die grens ook eindeloos lang aangehouden.

Ware het anders, dan zouden niet enkel stoffen als pek en asphalt door hun eigen gewicht plastisch uitzakken, maar zouden ook gesteenten en metalen, hoezeer dan ook veel langzamer, dat verschijnsel vertoonen, en met de tegenwoordige meetmethoden zou reeds in vrij korten tijd een meetbaar effect te constateeren zijn. Bleek het dan, dat een betrekkelijk geringe druk van b.v. 50 atmosferen, in een jaar tijds op een basaltklomp van eenige honderden graden temperatuur geen meetbaar effect had, dan zou men moeten concludeeren, dat deze druk beneden de bovenbedoelde grens lag. Daar contrôle-metingen, loopende over zéér lange tijdperken ontbreken, kan men niet weten, hoe rots-soorten, b.v. hooge, belaste kolommen van eeuwenoude bouwwerken zich op dit punt hebben gedragen; maar met de tegenwoordige hulpmiddelen zou men desbetreffende contrôleproeven in betrekkelijk korten tijd kunnen doen.

Dit punt is dáárom van beslissend belang, omdat bij hetgeen wordt ondersteld in de sima-laag te kunnen gebeuren, sterk de nadruk wordt gelegd op den zeer langen duur der werking, en van de drukking *per eenheid van oppervlak*, noodig om plasticiteit te veroorzaken, stilzwijgend schijnt te worden verwacht, dat die wel in voldoende mate aanwezig zal zijn. Hoe groot mag men dan echter den invloed daarvan taxeeren bij de sima, waaraan de vastheid van bazalt wordt toegekend? Stelt men de plastische verdringing b.v. op $^{1}/_{10}{}^{de}$ millimeter per jaar, hetgeen dan door proefneming toch wel zou kunnen worden geconstateerd, dan

zou naar dien maatstaf een continentale schol zich in 100-millioen jaren 10 km. verplaatsen, eene wijziging van de kaart van het aardoppervlak, welke geheel onbeteekenend zou zijn tegenover die welke door erosie zou zijn te weeg gebracht, en volkomen te verwaarloozen tegenover het effect van ééne secundaire korstdraaiïng. En de duur van de perioden, waarin bergvorming door opstuwing plaats had, wordt op goede gronden niet op 100-millioen jaren geschat.

Met de als mogelijk onderstelde vereveningsstroomingen, veroorzaakt door kerngedeelten, vloeibaar geworden door radioactiviteit, staat het waarschijnlijk niet anders. Welke druk *per eenheid van oppervlak* kan daarvan in horizontale richting worden verwacht, ook al mag men aannemen, dat de onderkant der sial-laag genoeg oneffenheden zal bevatten?

Die oneffenheden zullen dan, om een effect van de magmastrooming op continentale massaas toe te laten, één geheel met deze laatsten uit moeten maken en in hoofdzaak moeten blijven uitmaken. Dit impliceert, dat de te voren vast gedachte sima-laag onder de continentale massa geheel of tot b.v. het gemiddeld niveau van den onderkant dier massa plastisch moet zijn geworden en aan de strooming deelneemt. Maar ook dan nog zal de continentale massa met het aan hare benedenstroomsche oceaanzijde gelegen vaste deel der sima-laag één zeer sterk geheel uitmaken en zal de daartegen uitgeoefende druk per eenheid van oppervlak moeten liggen boven de benedengrens, waarbij plastische verdringing zou beginnen. Dat de horizontale drukking door de magma strooming op oneffenheden aan den onderkant der continentale massa uitgeoefend, daarvoor groot genoeg is, kan niet anders dan op onderstelling berusten, want, ook al kon men op grond van geëigende proefnemingen zich eenig denkbeeld vormen omtrent den benoodigden minimum-druk per eenheid van oppervlak, omtrent den te verwachten stroomdruk zal zulks bezwaarlijk ooit gaan. Hoogstens zal men zich bij benadering eene voorstelling kunnen maken van de wijze, waarop magmastroomingen zich zouden *moeten* gedragen om een continent van plaats te doen veranderen.

De onderstelling is, dat dit een gevolg zou kunnen zijn van den stroomdruk op de oneffenheden van den onderkant van het continent, meer in het algemeen dus van den wrijvingsweerstand. Zal plaatsverandering denkbaar zijn, dan is het een eisch, dat

verreweg het grootste deel van het ondervlak wordt blootgesteld aan eene strooming, welke over de geheele uitgestrektheid daarvan in hoofdzaak *gelijk gericht* is, dat alzoo de strooming een ontzaggelijk breed front heeft, en over die breedte als het ware gedwongen wordt eene bedding te volgen, waarvan de ter weerszijden gelegen materie der kern vast blijft. Deze eisch geldt, althans in eene vrij belangrijke mate ook voor de kernmaterie, gelegen aan den kant vanwaar de strooming komt. Daar toch deze niet op helling berust, moet er ook blijvend een sterk weerstand biedende achterkant zijn. Immers, het is persdruk, welke hier den benoodigden arbeid moet leveren, niet de botsing van massa, welke groote snelheid bezit, noch ook de daling van massa (zwaartekracht).

Terwijl het eenerzijds een eisch is, dat de sima over nagenoeg de geheele uitgestrektheid van den onderkant van het continent tot aan dien onderkant plastisch is geworden en aan de strooming deelneemt, is het andererzijds noodzakelijk, dat de sima-laag aan den achterkant van het continent onder den daar zich uitstrekkenden oceaan vast blijft tot aan de diepte van de continentale massa. Want, werd daar de sima tot noemenswaard hooger niveau plastisch, dan zou voor dien rand van het continent de weerstand ontbreken, welke tot de vorming van een hoog randgebergte vereischt zou zijn. Ook deze immers moet in het proces hare verklaring vinden.

Zulk eene op- (èn onder-)stuiking kan niet eenzijdig zijn. Ware de sima-rand door plasticiteit te zwak, dan zou deze wel, de starre sial-rand niet noemenswaard worden vervormd. Misschien zou er overschuiving plaats hebben. Wat daar ook moge gebeuren, het zou nog niet het totaal effect van den druk der magmastrooming vertegenwoordigen, omdat daarvan allicht ook een deel zou zijn omgezet in samendrukking van het continent in de stroomrichting (opheffing of bergvorming in het binnenland), een ander deel in afbraak van den onderkant. Scheuring van het continent zou bij dit proces minder waarschijnlijk zijn. Wel echter zou die of althans uitrekking zich moeten voordoen aan den achterkant van het voortgedreven continent of van de strook oceanische korst, welke daar misschien aan de beweging zou deelnemen. Die scheuring of rek zal dan door materie van den opwellenden magmastroom moeten worden aangevuld.

Bedenkt men, welke zeer bijzondere voorwaarden eene derge-

lijke stroomvorming onderstelt, welke ontzaggelijke krachten per eenheid van oppervlak er aan den versten drukrand moeten overschieten om in een naar geologischen maatstaf betrekkelijk beperkten tijdsduur een randketen als b.v. dien van de Andes te vormen, eventueel tot zijn definitieve hoogte op te heffen, en dat helling van den stroom in dit proces geen rol kan spelen ter vergrooting van de stroomsnelheid, dan rijst uit dit alles toch wel sterk de twijfel of men dit proces als het algemeen tot bergopstuwing leidende mag aanvaarden.

Dit klemt te meer, wanneer bepaalde perioden van bergvorming zich door deze oorzaak gelijktijdig op zeer uiteenloopende punten van het aardoppervlak zouden hebben voorgedaan, perioden, welke dan tevens ijsbedekkingen zouden hebben gebracht van zeer grooten omvang, terwijl de korst eer verhit dan afgekoeld zou zijn geworden. Magmastroomingen, allen in de juiste richting zouden zich dan tegelijkertijd op al die punten (oppervlakten) moeten hebben voorgedaan.

De grondgedachte van zulke breede, gerichte stroomingen komt ons te gewrongen voor. Ook, al aanvaardt men de mogelijkheid van eene intermitteerende, langzame verhitting en uitzetting van vaste deelen der kern ten gevolge van radio-actieve werking, dan nog zou men het meest waarschijnlijk effect daarvan als regel anders mogen verwachten, en wel ongeveer als volgt:

Een vast, eventueel een reeds plastisch deel der kern gaat uitzetten. Dit veroorzaakt toeneming van den druk op zijn omgeving, eerst zonder dat daardoor nog noemenswaarde verplaatsing van massa geschiedt. Deze drukking zal deels over de geheele kern, dan wel over het naast liggend deel daarvan worden verevend, deels effect hebben in de richting van den minsten weerstand, dat is die van de korst, die daardoor misschien over een zeker oppervlak zal worden opgeheven, en dus rek, maar geen samendrukking zal ondergaan.

Wordt de uitzetting sterker door het meer en in grooter omvang vloeibaar (plastisch) worden der betreffende massa, dan wordt de drukking en de uitwerking daarvan sterker. Barst de korst niet, dan wordt deze over een zeker oppervlak iets meer gerekt en opgeheven tot een schild van iets sterker kromming dan te voren. Is deze vergrooting van de ruimte te gering, en de materie toenemend in vloeibaarheid en volume, dan blijft de drukking alzijdig voortgaan.

Is het vloeibaar worden voortgezet tot den onderkant van de korst of daar reeds bij den aanvang van het proces ingezet, dan is het eerste waarschijnlijke gevolg, dat de materie onder het opgeheven schild, welke aan dichtheid kan hebben verloren, door aanvloeiïng en druk weder in dichtheid toeneemt. Duren uitzetting, druk en vloeibaar worden van de magma-materie voort, en neemt de kern als geheel de voor haar volume geringe uitzetting en drukverhooging niet geheel op, dan is het denkbaar, dat er onder de korst (de zijde van den minsten weerstand) wegvloeiïng zal plaats hebben, hetgeen weder eenige opheffing van de korst verder op impliceert; want ruimte moet er komen, waar geen ruimte is.

Het meest waarschijnlijke gevolg is, gezien de alzijdigheid van den druk in vloeibare materie, dat de wegvloeiïng zoo dat mogelijk is, zal plaats vinden radiaal uit een bepaald centrum, en dat dit ongeveer gelegen zal zijn in het midden van de eerste opheffing van de korst, omdat dit het hoogst gelegen punt is geworden.

Dit centrum nu zal, naar gelang van omstandigheden, even goed kunnen liggen onder een continent als daarnaast onder den oceaan. Hoe meer het nabij het middelpunt (oppervlaktezwaartepunt) van het continent ligt, hoe meer de radiale stroomingen elkaars uitwerking opheffen. Maar ook al ligt het buiten het continent, dan zullen de stroomingen toch sterk divergeeren en een zeer gering effect hebben.

Voor het ontstaan van eene magmastrooming, in hoofdzaak gelijk gericht over eene breedte ongeveer gelijk aan die van het aangevallen continent, deze breedte gerekend dwars op de stroomrichting, zal men dus moeten onderstellen, dat de strooming ontstaat uit hetgeen men dan zou kunnen noemen eene „splijting" van de kernmassa over een gelijken afstand, buiten en vrij nabij het continent, en wel bij voorkeur zoo, dat belangrijke wegvloeiïng nòch naar de zijde van den oceaan, onder welken de stroom ontstaat, nòch aan de einden der splijting in de richting van deze kan plaats hebben, daar dit het effect op het continent sterk zou verminderen.

Eene aldus gedachte strooming zal over verreweg het grootste deel van het ondervlak der continentale massa moeten blijven duren totdat de vorming van het randgebergte, dat men onderstelt daardoor te ontstaan, is afgeloopen. De vereischte plastici-

teit harer materie zal dus ook gedurende dien tijd van het beginpunt (de beginlijn) tot nabij den anderen kant van het continent gehandhaafd moeten blijven, evenals de voldoend snelle productie en de drukking van aan den oorsprong zich uitzettende magma. Immers, hielden deze op, dan liep daarmede het proces ten einde.

Daar men zich bezwaarlijk een begin van beweging van het continent kan voorstellen, vóórdat de strooming reeds over een zeer grooten afstand daaronder is voortgedrongen, zal men daaraan om aan den eisch van voldoende vloeibaar blijven (temperatuur) gedurende zeer langen tijd te voldoen, een niet onbelangrijke dikte moeten toekennen en een zeer hooge temperatuur.

Zinking van de stroom-materie zal dus eerst nabij den achterrand van het continent mogen beginnen.

In verband met de mogelijk te achten uitzetting van kernmaterie door radio-activiteit, zullen dan ter verklaring van gelijktijdige werkingen op ver uiteenliggende punten groote volumina van de kern tegelijkertijd zeer langdurig in actie moeten zijn geweest. Tenzij ook hiervoor een dwingende, natuurlijke oorzaak kan worden aangewezen, schijnt de voldoening aan de opgenoemde, zeer speciale voorwaarden wel zeer onwaarschijnlijk.

En, al mag men het ontstaan van zulke stroomen niet à priori onmogelijk noemen, dan blijft het nog de vraag of zij in staat zullen zijn om hooge gebergten op te stuwen in een zoodanig tempo, dat de winst in hoogte het verlies door erosie overtreft.

Ter vergelijking van de mogelijkheden en waarschijnlijkheden, welke respectievelijk de beide theorieën, die van de *secundaire draaiing der aardkorst als geheel* en de *Sima-Sial-Drift-theorie* bieden ter verklaring van tal van verschijnselen op verschillend gebied, waarvan voor velen de onderlinge samenhang en gelijktijdigheid binnen betrekkelijk korte geologische perioden op goede gronden wordt aangenomen, moge onderstaand overzicht volgen, waarbij voor de eerstgenoemde theorie wordt verwezen naar de hiervoren genoemde verhandeling, en voor de tweede naar „Theory of Continental Drift", publ. by The American Association of Petroleum Geologists. 1928. London: Thomas Murby & Co.

	Secundaire draaiïng van de korst.	Sima-Sial-Drift.
1. Oorzaak.	*De periodiek optredende onevenwichtigheid van de massa der korst door erosie en sedimentatie, eventueel mede door de execentrische vorming van polaire ijsbedekking en door stolling van de korst.* Is met tusschenpoozen van ongelijken duur met zekerheid te verwachten.	*Magmastroomingen langs den onderkant van de continentale massaas, ontstaande door uitzetting en plastisch-vloeibaar worden van vaste deelen der kernmassa, gedurende zeer langen tijd.* Het ontstaan van deze stroomen in den vereischten omvang en vorm, en tot de vereischte snelheid is nog geheel problematiek.
2. Krachten en bewegingen, welke in eerste instantie de groote geologische verschijnselen te weeg brengen.	De zwaartekracht; de aardrotatie. Betrekkelijk snelle secundaire draaiïng van korst om kern door verplaatsing van het hoofdtraagheidsmoment der korst buiten het equatorvlak ten gevolge van verschillende oorzaken. Beide eerstgenoemden zeer groot; de laatstgenoemde oorzaak verschillend voor verschillende gevallen.	*De wrijving en druk van den magmastroom op de onderzijde van het continent.* Onbekend welk effect daarvan is te verwachten. Een altijd gelijke verplaatsing van beide polen der korst impliceert altijd diametraal gelijkgerichte en even sterke magmastroomingen. (Aannemende, dat het ondergestelde proces zich voordoet en eenig effect heeft.)
3. Eerste gevolgen.	*Breking van de korst door veranderingen in kromming.* Deze verandering blijft gering nabij de uiteinden der secundaire as.	Zéér langzame, en dienvolgens in beperkten geologischen tijd waarschijnlijk zeer geringe verplaatsing van het aangevallen continent.

Secundaire draaiing van de korst.	Sima-Sial-Drift.
Verkorting (indrukking) van den omtrek der korst op bepaalde deelen daarvan, rek op andere. (De equator is 67 Km. langer dan de meridiaan).	Geheel theoretisch beschouwd, kunnen de in nevenstaande kolom genoemde gevolgen ook bij dit proces worden verwacht, maar dan veel minder snel en in zeer geringe mate; sommige daarvan uitsluitend bij eventueel in breedte verplaatste continenten.
Onderlinge verplaatsing en draaiing van korstdeelen door de verandering in breedte (verandering van rotatiesnelheid).	
Belangrijke symmetrische verplaatsing van de poolpunten der korst naar lager breedte.	Belangrijke en symmetrische verplaatsing der poolpunten is hierbij niet te verwachten.
Alle deze gevolgen voltrekken zich tijdens den betrekkelijk korten geologischen tijdsduur der secundaire draaiïng.	Het verloop van deze gevolgen en van hetgeen daaruit voortvloeit, kan bezwaarlijk anders worden gedacht dan zéér langzaam, en blijvend binnen enge grenzen.
	Daaruit volgt, dat bepaalde gevolgen van grooten omvang niet alleen een uiterst langen tijd in beslag moeten hebben genomen, maar ook, dat de daarvoor noodige werkingen zich een groot aantal malen, steeds ongeveer in denzelfden zin en richting moeten hebben herhaald, en later weder in tegengestelden zin.

	Secundaire draaiïng van de korst.	Sima-Sial-Drift.
4. Gevolgen van sub 3 genoemde werkingen. Op geologisch gebied.	*Verwijding van breuken* in de korst; uiteenwijking van korstschollen. *Persing* van de korst, golving, rimpeling, opstuwing, vorming van gebergten en hoogplateaus, overschuiving, vouwing, enz. *Daling en helling* van schollen, c.q. verzinking van continenten, kuststrooken, enz. Verdwijning van zeegebieden, vorming van nieuwe.	Indien dit proces zich heeft voorgedaan, moeten alle gevolgen daarvan uiterst langzaam zijn verloopen, met het gevolg, dat tijdens hun ontstaan erosie en sediementatie een veel grooter effect moeten hebben gehad dan tijdens eene secundaire draaiïng van de korst. Hierin kan eventueel een vergelijkend kenmerk liggen.
	IJstijden. Brachten met ijs bevrachte continentaalschollen dat van de polen op lager breedte, dan bleef na de smelting het bewijs daarvan daar achter. Deze oppervlakten kwamen bij elke volgende secundaire draaiïng *op andere lengten en breedten,* steeds het kenmerk behoudend een ijstijd te hebben beleefd.Deze kenmerken kunnen verdwijnen door verzinking en sedimentatie, later weder voor den dag komen door opheffing en erosie. Zijn altijd een bewijs, dat het betreffende oppervlak òf op zeer hooge breedte òf	IJstijden laten zich bij dit proces niet anders verklaren dan door onderstellingen betreffende klimaatsveranderingen, waarvoor geene plausible verklaringen zijn te vinden. Eene *algemeene* sterke afkoeling van aardoppervlak en atmosfeer door kosmische oorzaken is alleen aanvaardbaar, wanneer voor de *algemeenheid* der afkoeling daadzakelijke bewijzen zijn aan te voeren. Heeft in een daarvan verdachte periode zich ergens een mild, c.q. tropisch klimaat voorgedaan, en dan misschien zelfs op daar-

op zeer groote hoogte heeft gelegen.

Veranderingen van het oceaanniveau. Afgezien van eene seculaire verandering door verschuiving van de korst ten opzichte van het massapunt der aarde, kwamen algemeene en dan gelijke niveau-veranderingen voor door smelting van verplaatste poolijs-massaas (verhooging) en door vorming van nieuwe (verlaging); plaatselijke door zinking, rijzing en helling van korstschollen.

Op ander gebied.

Klimaatsveranderingen.

Deze moesten voor een groot deel van het aardoppervlak een noodzakelijk gevolg en begeleidend verschijnsel zijn van de secundaire korstdraaiïng, en des te grooter zijn naarmate deze grooter was. Voor zoover zij thans nog te reconstrueeren zijn, kunnen zij allicht eenige aanwijzing geven over de wijze, waarop eene bepaalde secundaire korstdraaiïng verliep.

De belangrijkste klimaatsverandering had plaats in de relatief korte

voor nu te hooge breedte, dan is daarin het zakelijk bewijs gelegen, dat er van algemeene afkoeling geen sprake kan zijn geweest.

Het klimaat van Spitsbergen (in situ) tropisch te maken door een *heeten* Golfstroom is volslagen onmogelijk; door de constante, geweldige mist zou er nooit één zonnestraal doordringen.

Partiëele sterke afkoelingen gedurende zeer langen tijd over groote uitgestrektheden op daarvoor nu veel te lage breedten, met behoud van tropisch klimaat elders en dan steeds juist samenvallend met geologische werkingen in grooten stijl, waarmede zij in geen enkel oorzakelijk verband zijn te brengen, vergen te veel van het toeval, en bovendien eene verklaring „an und für sich".

De veranderingen van het oceaan-niveau zijn, behoudens de seculaire, bij deze theorie in veel geringer mate en met minder waarschijnlijkheid te verklaren dan bij de secund. draaiïng.

Secundaire draaiïng van de korst.	Sima-Sial-Drift.
periode dier draaiïng, maar kreeg voor bepaalde deelen van het aardoppervlak eerst haar definitief beslag, nadat het verplaatste poolijs gesmolten was, om dan te duren tot aan de naastvolgende secundaire korstdraaiïng.	Bij dit proces is eene betrekkelijk snelle verandering van het organisch leven minder goed denkbaar, omdat althans het proces zelf slechts tot uiterst langzame veranderingen van klimaat en levensomstandigheden aanleiding had kunnen geven, en evenmin tot gelijktijdig alom voorkomende catastrofale gebeurtenissen.
Alle veranderingen van het organisch leven, waarvan velen in geologisch kort tijdsverloop moeten hebben plaats gehad, zijn bij dit proces gereedelijk te verklaren: Uitroeiïng van geheele soorten; verdelging van millioenen exemplaren van andere, een en ander zoo te land als in zee; wijziging van soorten tijdens en na het proces, door klimaat, voeding en strijd om het bestaan, en zeer waarschijnlijk ook door eene veranderde samenstelling van de atmosfeer tengevolge van den toevoer van bepaalde gassen uit de splijtingen van de aardkorst (vorming van nieuwe rassen?)	
De atmosfeer en de oceaan, deelende in de secundaire draaiïng, moeten	Voor eene beroering, zoo sterk en uitgebreid als bedoeld in nevenstaande

Secundaire draaiïng van de korst.	Sima-Sial-Drift.
daardoor al dien tijd in heftige beroering hebben verkeerd, totdat, na het einde van het proces, zich een nieuwe gang van zaken (algemeene circulatie) instelde. Zeevaart en zeevischvangst gedurende langen tijd onmogelijk; kustbevolkingen hier en daar aangewezen op vogels, gestrande zeedieren en op schelpdieren, groeiende op de rotsen (Kjokenmoddinger!) Waar nomadenleven nog bestaat, is dit mogelijkerwijze een overblijfsel van de noodzakelijkheid, waarin zich volkstammen tijdens de laatste regeneratie geplaatsts zagen om zich voortdurend te verplaatsen, ten einde den strijd om het bestaan te kunnen volhouden.	kolom, kan bij dit veel langzamer proces geene aanleiding hebben bestaan.

Dit overzicht is bij lange na niet volledig, maar toch schijnt het ons in verband met hetgeen voorafgaat, voldoende om de conclusie te wettigen, dat al wat er thans bekend is, zeer veel sterker steun geeft aan de theorie der secundaire korstdraaiing dan aan de Sima-Sial-Drift-theorie. Deze laatste kan bijna niets ongedwongen verklaren, de poolverplaatsingen en veranderingen van de wereldkaart en die van de klimaten daaronder begrepen, van hetgeen door de eerstgenoemde theorie als noodzakelijke gevolgen wordt aangewezen. Waar een veronderstelde Poolvlucht niet bestaat, en de combinatie van de magma-

stroomen en de Sima-Sial-theorie onzes inziens niet in staat is *alle* voornaamste verschijnselen even goed als één samenhangend geheel, zoo naar ruimte als naar tijd, te verklaren, schijnt ons voor deze theorie geen plaats. Hiermede wordt de mogelijkheid van het bestaan van magmastroomingen niet ontkend, maar wel ten sterkste betwijfeld, dat daaraan de periodieke „regeneraties" van de aardkorst en van hetgeen daarop leeft, zouden zijn toe te schrijven. Evenzoo wordt verschuiving van continenten allerminst ontkend, integendeel als onvermijdelijk aangenomen, maar dan als eene plaats- en standsverandering van deelen der aardkorst over hun geheele dikte tot zoover zij vast zijn, glijdend dan over de laag, welke den overgang vormt van vast tot vloeibaar, en door haar uitrekking en verkneding, daar waar rek en uiteenwijking van korstschollen zich voordoen, de continuiteit van de omhulling der vloeibare kern waarborgt. Waar dit mocht falen, zal de magma, het bloed der aarde, opwellen en door zijn stolling die rol overnemen. Maar dan zal ook het oceaanwater, dat daaraan zal helpen, zoo het niet zeer diep is, daarvan aan zijn oppervlakte krachtig getuigen.

De richting en de hoegrootheid der verschuivingen en draaiingen van korstdeelen zullen altijd afhankelijk zijn geweest van de richting en grootte van de secundaire korstdraaiing, en bij eene zelfde sec. draaiing op verschillende punten van het aardoppervlak verschillend.

Volgende secundaire draaiingen kunnen, naar omstandigheden, zoowel verder uiteengaan als teruggang van continenten of daarvan afgebroken deelen hebben veroorzaakt. Geene enkele dier gebeurtenissen is opgetreden als het werk van een „deus ex machina", waarvan het hopeloos zou zijn de oorzaak op te sporen, al is het natuurlijk denkbaar, dat niet altijd en overal volledige zekerheid kan worden verkregen omtrent het gebeurde. Daarvoor zal te veel door den oceaan worden verborgen gehouden, te veel ook allicht door erosie volkomen verdwenen zijn. Hoe dit zij, het wil ons voorkomen, dat de oplossing van het schaakspel, dat er met de stukken van het aardoppervlak in ver uiteenloopende zetten is gespeeld, het best zal zijn te benaderen in terugwerkenden zin, uitgaande dus van den tegenwoordigen stand van dat spel, den eenigen, dien men met zekerheid kent, ware het slechts, omdat toch naar alle waarschijnlijkheid van

den laatsten zet de sporen het zekerst en volledigst te vinden zijn.

Steeds toch zal de eerste vraag zijn: „Waar lagen de polen van de korst, toen de laatste (vorige) secundaire draaiing begon?", en vervolgens: „Wat moet of kan dan daardoor gebeurd zijn, toen die overgingen naar waar zij thans liggen?" Gaat men aldus te werk, dan zal men ook een zekerder antwoord krijgen op de vraag: „Wat en waar moet er worden onderzocht om twijfelachtige punten op te lossen?"

Eene verdere ontcijfering van de wegwijzers van vroegere perioden wordt daardoor geenszins uitgesloten.

Zij, die de laatste regeneratie beleefden, hebben ons geene geschiedboeken nagelaten, hoogstens misschien enkele, thans onverstaanbare teekens, gehouwen in steen. Maar misschien lieten zij toch steenen na, die spreken, en ook mondelinge overleveringen.

Zijn zij het geweest of hun zonen, die met zoo groote inspanning **Stonehenge** hebben opgericht, en de megalithen-in-gelid van Bretagne? Zij zouden er reden voor hebben gehad. Want zij hadden het vernomen uit de verhalen van hun voorvaderen, en misschien zelf nog gezien, hoe de wereld uit zijn evenwicht was geraakt. Geen van de natuurlijke merklijnen over heiligen boom, heuvel of berg, waardoor zij den tijd wisten, waarop het dag- en nachtsevening was, of waarop het de tijd was voor zaaien en oogsten, had standgehouden. De hemel was gaan draaien, anders dan te voren; maar ook, toen dat en alle verschrikkingen, waarmee het gepaard was gegaan, hadden opgehouden, konden zij in natuurlijke merklijnen geen vertrouwen meer hebben, want zij hadden gezien, dat heuvels en bergen verdwijnen, verrijzen, veranderen konden, en dat een boom of wat ook, en hoe heilig ook, door de splijtende aarde verzwolgen kon worden.

Toen hebben hun priesters, die tevens de geleerden waren, die geweldige steenen merklijnen doen oprichten, vertrouwend, dat zij het daaraan althans dadelijk zouden zien, wanneer hun wereld ooit weer in wanorde zou geraken.

Gedurende een aantal jaren konden zij daarmede de onveranderlijkheid van den hemel en van den zonnegang constateeren, en onbezorgd de plechtigheden en feesten laten doorgaan, waarvan het volk den eigenlijken oorsprong en de beteekenis ten slotte misschien niet eens meer kende, en waaraan

het allengs slechts begrippen van goden- en eeredienst was gaan hechten. Tot de dag kwam, waarop de priesters, verbleekend, elkaar aanzagen bij het constateeren van het beangstigend feit, dat de apocalypse, waarvan de overleveringen spraken, weder begon. Zij konden niet weten, dat de afwijking, die zij waarnamen, niet lang zou duren en niet groot zou worden. Zij konden niet weten van verplaatsing van poolijskappen, en nog minder, dat de eene pool wel, de andere niet een groot gewicht daarvan naar lager breedte had gebracht, en dat het wegsmelten van dat eenzijdig gewicht een kleine draaiing kon veroorzaken van de korst, waarop zij leefden, een draaiing, die zij moesten aanzien voor eene van den hemel, voor een begin van vele verschrikkingen, van dood en verderf.

Reeds begonnen aardbevingen veelvuldiger en sterker te worden, dan men ze sinds de oprichting van de merksteenen ooit had ondervonden, en kwamen er geluiden te hooren, die angstaanjagend waren, en uit de aarde schenen te komen. De bevolking, denkend en hopend, dat het elders rustig en veilig zou zijn, vluchtte, zonder te weten waarheen.

De machtige steenen werden verlaten, en zoo hebben zij daar, niemand weet hoe lang, gestaan.

En de herinnering aan het splijten van den bodem, waardoor zelfs de graven der voorouders waren opengegaan, had op de gedachte gebracht om die van de geëerden en machtigen uit geweldige steenen te doen bestaan. Ook die staan er nog, en het (gewijzigd) gebruik om graven te beschermen door bedekking met zware gesteenten bestaat eveneens nog.

Vele jaren later, lang nadat rust en gerustheid waren teruggekeerd, zijn er bij Stonehenge misschien menschen gekomen, die zagen, waartoe dit bouwsel kon dienen, wanneer zij den uitersten merksteen slechts een weinig verplaatsten. En zoo staat daar sindsdien die steen, die eerst moet hebben gestaan in het midden van de heirbaan, waarlangs het volk opkwam naar de plaats van eeredienst en feestvreugde, terzijde van die aslijn [1]), als een bewijs, hoe klein de nawerking is geweest, die zoo grooten schrik verwekte.

Ook de overleveringen hebben een lang leven, maar een, dat sterker veranderlijk is dan dat van de steenen.

Er was aanleiding genoeg voor de geboorte, het voortleven

1) NORMAN LOCKYER. Stonehenge.

en den groei van overleveringen, toen de laatste regeneratie in gang was, en daarna, toen die was afgeloopen.

De een wist te vertellen van heuvels en bergen, die waren verdwenen en van andere, die waren verrezen, van rivieren, die snel waren opgedroogd, andere, die waren ontstaan, weer andere, die met ontzaggelijke watermassaas haar beddingen hadden verbreed; meer dan een had het gezien, hoe de aarde spleet, zoo, dat zelfs de graven geopend werden; velen hadden het beleefd, dat mensch en dier als in doodsangst niet wisten, waar zich te bergen; dat menschen vluchtten op rijd- en lastdieren om te ontkomen aan den honger, toen voedsel ging ontbreken, of aan de verdrinking, die hun dreigde, toen zij hun land zagen worden tot een meer. Sommigen verhaalden van damp, zwavellucht, rook, vlammen en vloeibaar vuur, uitgebraakt door de aarde en haar bergen; anderen van de ontembare woede van de zee en de nooit geziene kleuren, waarmede die werd geverfd; velen hadden ineenstorting, dood en verderf gezien om zich heen; allen spraken van het onophoudelijk schudden en beven van de aarde en van hare schrikwekkende geluiden; van den geweldigen donder en het hemelvuur, waaraan geen einde scheen te komen; van de stormen, nu eens vergezeld van duisternis door stofwolken, een ander maal van regen, hagel, sneeuw en watervloeden, zooals nog nooit iemand ze had beleefd. En bij dat alles speelden gedachten aan goden, duivels en geesten een rol.

Naarmate die verhalen bijeen kwamen, vormden zij één geheel, dat schrikwekkend genoeg zou hebben geklonken voor den later komende, al had het uit niets dan naakte waarheden bestaan. Maar mondelinge overleveringen vormen een boek, dat voortdurend in herziene, maar nooit in verbeterde edities uitkomt totdat het misschien na jaar en dag op schrift wordt gesteld in een geest en op eene wijze, welke het een plaats doet innemen in gewijde geschriften, met die in steen de langst levende, onveranderlijke.

Zoo rijst thans de vraag of de bij vele volken, ook bij nog primitieve, bestaande overleveringen betreffende groote watervloeden uit den tijd van de laatste „regeneratie" stammen, en ook of wellicht in het Bijbelsch verhaal van de Apocalypse oer-oude overleveringen uit diezelfde periode zijn opgenomen, vervormd en verzinnebeeld, op schrift gesteld onder den in-

vloed van eene bepaalde geestesstrooming en -gesteldheid, overleveringen, waarvan dan wellicht de kern gekristalliseerd zou zijn te vinden in woorden, te lezen in Hoofdstuk 21 van de Openbaring van Johannes,
in vers 1: „En ik zag eenen nieuwen hemel en eene nieuwe aarde, want de eerste hemel en de eerste aarde waren voorbijgegaan, en de zee was niet meer";
in vers 4: „want de eerste dingen zijn weggegaan";
en in vers 5: „Zie, ik maak alle dingen nieuw".

„Pure fantasie dit alles" zal menigeen zeggen, en de schrijver dezer regelen zal het daarmede eens zijn, en geene andere verontschuldiging weten aan te voeren dan de opmerking, dat zonder die groote kracht veel zou zijn achterwege gebleven van wat der menschheid tot wegwijzer werd en haar vooruithielp op haar baan. En die baan kan nog lang zijn, wanneer de groote regeneraties niet uitblijven; want zonder dezen zou, in geologischen tijd gemeten, ons aardrijk in korten tijd een oceaan zijn, en daarna tot stof wederkeeren [1]).

Of aan die regeneraties, welke onze planeet mede tot een levend organisme maken, de Bedoeling ten grondslag ligt om der menschheid de gelegenheid te geven tot grooter volmaking te komen, zal de mensch nooit weten vóór dat zijn Geloof tot Weten wordt.

Voor hen, die moeite hebben aan onze denkbeelden eenige waarde toe te kennen, zal het te lang duren, vóór dat de eerstvolgende regeneratie daaromtrent licht kan geven. Misschien ook komt er, vóór nog deze of eene volgende generatie er eene meening over uit, een ander, die een betere translatie weet te geven van de taal, die de gesteenten der aarde, en van die, welke de door menschenhand opgerichte steenen spreken.

Juni, 1937. G. F. TYDEMAN.

---

1) G. F. TYDEMAN. The Birth of Earth and Moon. E. J. Brill. Leiden. 1937.

IV

DE AARDROTATIE EN DE SECULAIRE VARIATIE VAN HET OCEAAN-NIVEAU.

Dezelfde oorzaken, welke, met zeer lange tusschenpoozen aanleiding zullen geven tot draaiingen van de aardkorst ten opzichte van de kern om assen, gelegen in het equatorvlak [1]), zullen tijdens die tusschenpoozen over de geheele uitgestrektheid van den oceaan en de daarmede in open verbinding staande zeeën eene systematische variatie van het niveau ten gevolge moeten hebben. Die oorzaken zijn:

1e. Het los verband tusschen korst en kern;

2e. Verandering van de massaverdeeling der korst door erosie en sedimentatie, eventueel ook door ongelijke stolling van kerndeelen en door de vorming van excentrisch gelegen poolijskappen op continentale oppervlakken, welke door eene secundaire draaiing ijsvrij van lager breedte naar de polen, of naar een daarvan waren gebracht.

Met verwijzing naar de hieronder genoemde verhandelingen, zullen de bovengenoemde oorzaken hier slechts in beschouwing worden genomen, voor zoover zulks voor het onderhavige onderwerp noodig is.

De *erosie* en de *sedimentatie.*

Tengevolge van de groote verschillen, welke de continentale en de oceanische hemispheer vertoonen in de elementen, waardoor de erosie wordt bepaald, de abrasie daaronder begrepen (grootte en gesteldheid van het landoppervlak, lengte van rivieren en kustlijn en meteorologische omstandigheden), voert de eerstgenoemde hemispheer een veel grooter massa van

---

1) G. F. Tydeman. Glacial Periods and Mountain Building. Tijdschrift Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootschap, 2de Serie, deel LII, 1935, Aflevering 5.
Id. Notes on Phenomena of a Geophysical Nature. E. J. Brill. Leiden. 1936.

de starre korst naar den oceaan dan de laatstgenoemde.

Het grootste deel van die materie zinkt op den zeebodem van het halfrond, waarvan het werd afgeslepen, een kleiner deel wordt daar in het zeewater opgelost of komt daarin reeds opgelost aan, ofwel in zeer fijn verdeelden toestand zwevende.

Bleef al die materie op het halfrond, dat haar afvoerde, dan zou daaruit geen noemenswaard verschil in de verdeeling van de totale massa der vaste korst ontstaan, behalve dan, dat het opgeloste en het zwevende daar niet meer toe zouden behooren. Maar noch de beide laatstgenoemde massaas, noch die, welke in eerste instantie spoedig den zeebodem bereikte, blijven geheel op het halfrond, waar zij in den oceaan werden opgenomen. Ook van het gezonkene zal een deel in oplossing gaan. Maar veel grooter nog zal van al die materie, het neergeslagene zoowel als het opgeloste en zwevende, het deel zijn, dat een rol vervult in den grooten cyclus van het plantaardig en het dierlijk leven van den oceaan. Het anorganische verandert in organische substantie en dit van klein tot groot. En veel van wat daarvan rest — een geheel andere materie dan het tevoren was — zal ook in oplossing gaan, ook dan, wanneer het voor een deel eerst op den zeebodem werd vergaderd.

Maar dan zal het ook niet geheel blijven op het halfrond, waarop het als vaste materie den oceaan bereikte. De groote zeestroomingen en de oppervlakkige zullen nooit eindigen met het streven om het water van den oceaan tot ééne homogene massa te maken. Dat zal haar nooit volkomen gelukken; verschillen zullen er altijd blijven bestaan. Maar, wanneer men nagaat tot welken graad het dan toch gelukt is, sinds de laatste regeneratie van de aardkorst een nieuwe algemeene circulatie van den oceaan inleidde, dan moet men toch wel tot het besluit komen, dat de zeestroomingen en de cyclus van het oceanisch leven samen onafgebroken voortgaan een deel van hetgeen het continentale halfrond door erosie verloor, onder geheel anderen vorm op den bodem van het oceaan-halfrond te doen bezinken.

Men neemt aan, dat die bezinking in de zoo uitgestrekte, diepe deelen daar slechts uiterst langzaam gaat, omdat het in hoofdzaak slechts de zoo kleine kalk- en silicaatskeletten zijn, die daar de bezinkingslaag opbouwen; maar zekerheid heeft men op dat punt niet. Die zal men eerst eenigszins krijgen, wanneer

men weet hoeveel van die kleine organismen daar per M^2 oppervlak in een kolom oceaanwater voorkomen en hoe lang (kort) hun levensduur is. Zelfs een laag, die gemiddeld slechts $^1/_{10}$de m.M. 's jaars aangroeit, wordt in 10 millioen jaren 1000 M. dik.

Nu zijn er aanwijzingen, waaruit wordt opgemaakt, dat er deelen van den oceaanbodem bestaan, waar sinds duizenden jaren zelfs in het geheel geen bezinksel zou zijn neergeslagen. Met de diepzeedreg, een apparaat, dat den zeebodem slechts vrij oppervlakkig afschraapt, heeft men haaietanden opgehaald van een soort, die reeds lang uitgestorven is. Die tanden zijn dus, aldus de conclusie, in de laatste zooveel duizend jaren nog niet met bezinksel bedekt. Hoe onaanvechtbaar die conclusie ook klinken moge, toch blijft de vraag over of die tanden inderdaad nooit met bezinksel bedekt *zijn geweest*. Ware dit onwederlegbaar aan te toonen, dan zou ook die conclusie dat zijn, want, ondanks het betrekkelijk groot soortelijk gewicht van fossiele haaientanden [1]), waardoor zij wel in weeke slib zouden verzinken, zouden zij, neerkomende op de meer resistente bezinksels van de zeer groote diepten, wel op het oppervlak daarvan blijven liggen, zoo zij niet door nieuw bezinksel begraven werden. Maar het goed recht van bovenstaande vraag berust op overwegingen van uiteenloopenden aard, te weten:

1e. In de eerste plaats zou men willen weten, welke bodemsoort die dreghaal, ofwel het diepzeelood heeft bovengebracht. Was daar niets bij, dat op oceanisch bezinksel geleek? Zoo ja, is het dan aannemelijk, dat de bezinking juist en voor goed gestopt is, toen die haaientanden den bodem bereikten of reeds daarvoor? Zoo niet, waren er dan de gewone kenmerken aan lood en dreg, dat er kale rotsgrond bereikt was, zooals men dien vindt op door stroom afgeschuurde ruggen van soms ettelijke honderden meters diepte? Versche schrammen aan lood en dreg-ijzer toonen gewoonlijk dien toestand van den bodem duidelijk aan en ook de aard van de diepzeefauna is er vaak het kenmerk van. In de dreg zal men dan bij nauwkeurige inspectie soms kleinere of grootere partikels rotsgruis vinden.

Daar de kans op stroomsnelheden groot genoeg om opper-

---

1) Blijkens een bepaling, verricht door Dr. Ir. WILLEMS aan het Geolog. Instituut der Universiteit van Amsterdam, welwillend verstrekt door bemiddeling van de Professoren Dr. de Beaufort en Dr. Gerth, werd voor het gemiddeld S.G. van drie soorten fossiele haaientanden gevonden : 2,998. T.

vlakten van eenige uitgestrektheid in de groote diepten constant kaalgeschuurd te houden, wel volstrekt nul mag heeten, zou feitelijk slechts de goed geconstateerde aanwezigheid van zulke, tamelijk *horizontale* oppervlakten tot afwezigheid van sedimentatie mogen doen besluiten. Bij tamelijk sterk hellende oppervlakten, welker boveneinde tot zekere hoogte boven het gemiddeld bezinkingsniveau zou reiken, zou die conclusie niet gewettigd zijn (zie sub 3e.)

2e. Waar haaientanden liggen, hebben haaien geleefd; maar dan hebben daar ook andere zeedieren geleefd, die de haaien tot voedsel dienden. Ook deze kwamen dus, evenals de haaien, voor in de waterlagen nabij het oppervlak. Daaruit vloeit dan echter, zooal niet met volstrekte zekerheid, dan toch met een zeer groote waarschijnlijkheid voort, dat ook daar in die waterlagen het cyclisch levensproces gaande was, dat van het allerkleinste opbouwt tot het groote, m.a.w., dat het ook daar niet aan plankton-organismen ontbroken heeft, welker skeletten gezonken moeten zijn. Om volstrekt geen bezinksel na te laten moeten dit dan ook altijd organismen zijn geweest, welker skeletten niet silicaat-houdend waren. De mogelijkheid, dat dit voor bepaalde deelen van den oceaan het geval kan zijn, valt, zonder een veel uitgebreider onderzoek dan tot dusverre plaats had, zeker niet te betwisten. Van enkel kalkhoudende resten wordt op goede gronden aangenomen, dat zij beneden een bepaalde diepte (±4000 M.) geheel worden opgelost.

3e. Welke consistentie heeft het oceanisch bezinksel, dat op zeer groote diepte en zeer grooten afstand van land uit silicaatskeletten bestaat en tot welke diepte in dat bezinksel ondergaat die consistentie nog weinig verandering?

Ziedaar een vraag, waarop men bij den tegenwoordigen stand van het onderzoek het antwoord schuldig moet blijven; aan het doen van boringen van ware het slechts een 5-tal Meters diepte op punten, waar 5000 of meer Meters water staat, is men nog niet toe. Toch kan men zich van den aard van een duizenden jaren voortgezette bezinking van bv. enkel radiolariën-skeletten, wel eenig denkbeeld vormen, wanneer men bedenkt, welken vorm die hebben en wat er noodig is om een bepaalde materie onder grooten waterdruk in het water zelf vast te doen worden. Waterdruk alleen, hoe groot ook, volstaat daartoe niet, wanneer de samenstellende deelen van de materie van zoodanigen aard

en vorm zijn, dat de druk zich tusschen die partikels continu kan voortzetten, zonder dat daardoor of door andere oorzaak, tevens de grensvlakken dier partikels tot volledige aansluiting gedwongen worden. Eerst wanneer dit het geval is, zal de druk op de andere grensvlakken der beide partikels, die bv. kristallen kunnen zijn, beiden met kracht samenvoegen. Die aansluiting kan ontstaan door enkele aaneenpassing van grensvlakken en cohesie, door chemische werking, welke het water tusschen twee aanliggende vlakken doet verdwijnen, deze daardoor buiten de continuiteit van den waterdruk stelt, of ook door eenig bindmiddel, dat een overeenkomstig effect zou hebben. Beschouwt men den vorm van radiolariën-skeletten en bedenkt men met welke voorzichtigheid de natuur die op elkaar stapelt, dan moet men wel tot de conclusie komen, dat bij zulk eene aanzameling van voor hunne minieme afmetingen ongetwijfeld sterke, naald- en stekelvormige voorwerpen de continuiteit van den waterdruk allicht tot vele Meters diepte in zulk een laag bewaard blijft en, voor zoover dat het geval is, werkt ook de grootste waterdruk niet tot hunne omvorming tot een vaste materie mede. Het is alleen hun eigen overwicht, voortvloeiende uit het verschil in soortelijk gewicht van hun kristallijne materie met dat van het dieptewater, waarin zij liggen, dat zeer geleidelijk tot zoodanige omvorming kan leiden. Dit begint eerst op die diepte in de bezinkingslaag, waarop het overwicht van een bovenlaag van bepaalde dikte van deze, naar volume gerekend, lichte materie groot genoeg is om naalden en stekels af te breken. Maar ook daar en tot nog veel grooter diepte blijven die afgebroken deeltjes zoo onregelmatig over en door elkaar liggen, dat de continuiteit van den waterdruk nog ver benedenwaarts doorgaat. Tot hoever dat zijn zal, laat zich niet gissen, maar, waar alle bezinksel van terrigenen aard blijft ontbreken en alleen radiolariën-skeletten zich opstapelen, is de waarschijnlijkheid groot, dat die diepte ettelijke Meters zal bedragen en dat dus tot die diepte de bezinkingslaag eene consistentie zal hebben, waarvan de bewegelijkheid eenigermate zal gelijken op die van graan of op die van drooge sneeuw.

Is zulk een laag ontstaan uit den langzamen regen van skeletten, die 10 jaren noodig had om een laagje van 1 m.M. te vormen, dan representeert een laag van bv. 3 Meters dikte het werk van 30000 jaren.

Toen die skeletten-regen daar begon, was — laat ons veronderstellen — juist de laatste regeneratie van de korst afgeloopen. Een uitgestrekte effen rotsvlakte was daar op den zeebodem in de groote diepte aan de oppervlakte gekomen, waarvan de helling slechts weinig minder was dan de natuurlijke helling van een radiolariën-skeletten-laag. Op dat hellend vlak bezonken de resten van zeedieren, waarvan de soortgenooten, de vijanden en het diepzeegedierte, geholpen door de oplossende werking van het oceaanwater, in betrekkelijk korten tijd niets anders overlieten dan onverteerbare haaientanden. Naarmate de laag van radiolariën-skeletten op dat hellend vlak groeide, kwamen die tanden daarin te liggen op verschillende hoogte, de oudste het diepst. Elk tijdvak van 1000 jaar legde er een deken van 1 d.M. op.

Toen dat proces begon, was wel voor het oogenblik de korst in nieuwen vorm gekneed, maar stabiel was zij daarom niet; dat is zij nooit. Driehonderd eeuwen later had datzelfde bodem-oppervlak enkele graden meer helling gekregen. Toen kwam daar een aardbeving, de zooveel-duizendste sinds de krampen van de nieuwe korst begonnen waren, maar de eerste, die de 3 M. dikke laag tot een lawine maakte, die aan het oppervlak van den oceaan een zeevaarder misschien van zeebeving deed spreken.

Daar in de diepte was een geweldige wervel om een horizontale as, een afglijding, die duizenden haaientanden meesleepte, de oudste het laatst en deze dwarrelden neer op het oppervlak van wat er was uitgestrooid aan den voet van het lawine-talud.

Niet lang daarna, misschien een eeuw later reeds, kwam daar een schip met geleerden. Dat sleepte over dien bodem een dregzak, waarvan het ijzer misschien slechts één d.M. door dien lossen grond ploegde. En de geleerden. die zagen, hoe oud de haaientanden wel moesten zijn, die hun dreg daar had bovengebracht, concludeerden, dat daar sinds duizenden jaren geen bezinking had plaats gehad. Maar al hadden zij op die kaalgegleden helling rotsgrond aangelood, dan nog was die conclusie twijfelachtig geweest.

Intusschen, ook al mogen er groote oppervlakken van den oceaan bestaan — bv. — die van de roode diepzee-klei — waar de sedimentatie veel langzamer gaat dan elders, de oppervlakken, waar zij misschien veel sneller gaat dan men zich dat op het oogenblik kan voorstellen, zijn te zamen zoo uitgestrekt en op

het oceanisch halfrond, zooals dit thans bestaat, zooveel grooter dan op het continentale, dat het gerechtvaardigd is om aan te nemen dat een deel van de vaste materie van het laatstgenoemde in veranderde samenstelling als vaste materie de korst van het andere halfrond ten koste van het continentale doet aangroeien. Op het groote diepzee-oppervlak zal dat dan tot een bepaalde diepte voor een groot percentage zijn door kalkhoudende materie, in de grootste diepten vooral door silicaathoudende.

Deze aangroeiing is intusschen geenszins beperkt tot het diepzee-oppervlak. Ook het deel van het continentale materiaal, dat op de oceanische sfeer aan de kusten en op de minder diepe gedeelten door den beschreven cyclischen gang tot sedimentatie wordt gebracht, kan nog vrij belangrijk zijn.

Tengevolge van de voortgaande, algemeene menging van het oceaanwater, gaat het proces ook in tegengestelde richting, maar de contributie aan geërodeerd materiaal, dat van de oceanische sfeer in de zeeën der continentale sfeer belandt, kan slechts relatief gering zijn; het moge de sterkere aangroeiing van de korst van eerstgenoemde een weinig vertragen, stuiten kan het die niet; en dit proces kan vele millioenen jaren aaneen doorgaan. Altijd zal het oceanisch halfrond veel aan vaste materie winnen, weinig verliezen.

Ten einde bij benadering eenig denkbeeld te vormen over den invloed, welken een gewijzigde verdeeling van de korstmassa op het niveau van den oceaan zal hebben, schijnt het ons aangewezen dien in de eerste plaats te beschouwen voor een eenvoudig, denkbeeldig geval.

Onderstellen wij, dat kern en korst te zamen één star geheel vormen, en dat de verdeeling in twee hemisfeeren, een continentaal en een oceanisch, zou zijn volgens een meridiaanvlak. Wegens het uiterst los verband van de massa van den oceaan en zijn betrekkelijk geringe massa, elken mogelijken invloed daarvan op de rotatie van het geheel verwaarloozende en evenzoo een mogelijken invloed daarop van de atmosfeer en hare beweging buiten rekening latende, kan men aannemen, dat de rotatie van de totale massa zich instelt om een as, gaande door haar centrum van massa.

Veronderstellen wij nu, dat in een zeker tijdsverloop eene hoeveelheid materie van de continentale sfeer door erosie naar

den oceaan wordt getransporteerd en door dezen op de hiervoren aangegeven wijze op zijn bodem wordt vastgelegd; en dat deze uitwisseling zoo symetrisch plaats heeft, dat het massapunt der geheele massa zich steeds in het equator-vlak verplaatste in eene richting loodrecht op het scheidingsvlak der beide sferen.

De gevolgen van dit denkbeeldig proces zouden dan zijn:

a. dat de rotatie-as evenwijdig was gebleven aan haar oorspronkelijke richting, maar zich in de massa zooveel verplaatst had naar den kant van de oceanische sfeer als zou worden bedongen door de daarheen verplaatste massa;

b. dat het oceaan-niveau overal gerezen zou zijn, zooveel als zou beantwoorden aan het volume erosie-materie,

c. dat de rotatie van de afzonderlijke massadeelen zich overeenkomstig deze verschuiving van de rotatie-as zou hebben gewijzigd, maar die van de massa als geheel ongewijzigd zou zijn gebleven, behoudens een mogelijk, uiterst klein en onnaspeurlijk verschil, veroorzaakt doordat eenerzijds de geërodeerde vaste massa een kleiner, andererzijds de watermassa een grooter rotatiestraal had gekregen;

d. wegens de langzaamheid en den zeer langen duur van het proces, zou de wrijving de gemiddelde hoeksnelheid der rotatie van oceaan en atmosfeer onveranderd hebben onderhouden, behoudens het sub c bedoelde onnaspeurbaar klein, mogelijk verschil.

e. De massa van den oceaan (die van de atmosfeer eveneens, doch deze zal hier verder buiten bespreking worden gelaten) zou de verschuiving van haar rotatie-centrum hebben gevolgd, maar, door de ongelijke vergrooting van de assen der oceaan-spheroïde, zou de sub b bedoelde rijzing van het oceaan-niveau aan den equator omstreeks $\frac{1}{300}$ste grooter zijn dan aan de polen.

Tenslotte blijft als bezwaarlijk met eenige zekerheid te beantwoorden vraag over, of van het geërodeerde naar verhouding van de oppervlakten meer op het oceanisch halfrond is terecht gekomen dan er op het continentale is gebleven. Ware dit het geval, dan zou er, tot behoud van het evenwichtsniveau, water van het eerstgenoemde naar het laatstgenoemde zijn overgevloeid. Ware er daarentegen een relatief grooter deel op het continentale halfrond gebleven, dan zou van daar water naar het andere zijn overgevloeid.

Uit dit alles blijkt hoe samengesteld voor het niveau van den oceaan het resultaat van erosie en sedimentatie reeds zou kunnen zijn, wanneer de hier zoo sterk vereenvoudigde staat van zaken werkelijkheid ware.

Met betrekking tot de groote, als een vaste eenheid gedachte massa van kern en korst, zullen de hoeveelheden van plaats veranderde massaas vaste materie en water, zelfs in een zeer lang verloop van tijd nog betrekkelijk gering mogen heeten, en de daardoor veroorzaakte niveau-verandering van den oceaan misschien nog weinig belangrijk zijn. Intusschen, ware het mogelijk zich bij benadering een denkbeeld te vormen omtrent het resultaat van dit proces in een interglaciale periode van bv. 20 millioen jaren, dan zou het allicht blijken, dat, zelfs onder de aangenomen omstandigheden, de niveau-verandering zich niet tot enkele meters zou bepalen. Voor bepaalde deelen van de korst zou die trouwens ook worden doorkruist door eventueele rijzing of daling van die deelen, welke men zich overigens bij een geheel vaste massa niet als belangrijk kan voorstellen (Zie „De Sima-Sial-Drift-theorie".)

Anders echter staat de zaak, wanneer tusschen kern en korst slechts het bewegelijk verband bestaat van een laag gesmolten magma, welker eigenschap om als glijdbaan te dienen en zich te kunnen vervormen, nog verhoogd wordt door de daarin aanwezige onder hooge spanning verkeerende gassen, welke die laag tevens elasticiteit verleenen.

De massa, welke gering mag heeten in vergelijking met de totale, kan betrekkelijk groot zijn ten opzichte van de zooveel kleinere massa van de enkele korst, waarvan bij eene gewijzigde verdeeling van haar massa, de semi-onafhankelijkheid ook tot uiting zal moeten komen als een wijziging van haar plaats en, eventueel, stand ten opzichte van de korst en in het karakter van hare rotatie.

De toestand, welke in dit geval uit de onevenwichtigheid van de massa der korst zal ontstaan, is een zoo bijzondere en ingewikkelde, dat wij ons niet voorstellen daarvan een eenigszins volledig overzicht te kunnen geven. Wij zullen ons daarom moeten bepalen tot eene poging om bij benadering aan te geven tot welke gevolgen, naar onze meening, dit proces in hoofdzaak zal moeten leiden.

Om te beginnen beschouwen wij weder het eenvoudigst denk-

beeldig geval: de geheele massa, kern, korst, oceaan en atmosfeer, allen ten opzichte van elkaar in rust, overal met gelijke hoeksnelheid roteerend om éénzelfde as, de massa van de korst evenwichtig verdeeld rond de kern, zoo, dat wel het hoofdtraagheidsmoment van de korst in het equatorvlak ligt, maar haar oppervlak ter weerszijden van een meridiaanvlak een continentaal en een oceanisch halfrond vertoont. De gemiddelde dichtheid van de korst is dan grooter aan den oceanischen dan aan den continentalen kant.

Invloed van de aantrekking van zon en maan voorshands buiten beschouwing te laten.

Denken wij ons nu voor een oogenblik de mogelijkheid, dat plotseling de continentale korsthelft, een noemenswaard gegedeelte van haar massa aan de oceanische kon overdragen en gaan wij na, welke veranderingen daaruit in hoofdzaak zouden voortvloeien, daarbij onderstellende, dat het massapunt van de korst zich verplaatst heeft in het equatorvlak, loodrecht op de richting van het scheidingsvlak.

Kern en korst vormen geen onwrikbaar geheel. Het massapunt van de korst heeft zich veel verder verplaatst, dan dat van de geheele massa, want de verhouding van de verplaatste massa tot die van de korst is veel grooter dan de verhouding daarvan tot de totale massa. De rotatie van deze kan zich nu niet volkomen instellen om een as gaande door haar massapunt, zooals het geval zou zijn, wanneer korst en kern één onwrikbaar geheel vormden. Immers dit zou voor de snel vervormbare, groote kernmassa beteekenen, dat zij zonder vervorming als eene massa, bestaande uit twee ongelijke helften — de grootste aan den kant van het continentale halfrond — bleef roteeren en voor de korst, dat zij hetzelfde deed om een as, welke ver buiten hààr massapunt zou liggen, haar grootste en zwaarste helft aan den oceaan-kant.

De onevenwichtigheid van de korst leidt dus voor beide lichamen tot de onmogelijkheid om zich ten volle in te stellen op de rotatie, welke voor elk afzonderlijk de aangewezene zou zijn, ingeval zij geheel onafhankelijk van elkaar waren.

De massa als geheel blijft ten naasten bij roteeren om de hoofdas, gaande door haar massa-punt, dat zich tengevolge van de overdraging van materie een weinig in de massa verplaatste.

Door deze overdraging heeft zich het massapunt van de korst, als gezegd, in dezelfde richting over een veel grooter afstand verplaatst; dat van de kernmassa, zoo deze niet vervormd is, niet. Dit massapunt ligt dus dicht bij de hoofdas. Daar echter, om nader te noemen reden, eene kleine vervorming van de kernmassa waarschijnlijk is, is het mogelijk, dat de rotatie-as der kern practisch nagenoeg overeenstemt met de hoofdas.

Massa-punt en massa-as van de korst, loodrecht op het equatorvlak, zijn komen te liggen op een afstand van de hoofdas, welke afhangt van het deel der korstmassa, dat van halfrond verwisselde. Die afstand zal vrij belangrijk kunnen zijn, want hij verhoudt zich tot den equatorstraal in een reden, welke afhangt van, maar allicht een aantal malen kleiner is, dan de verhouding bedraagt van de overgegane massa tot die van een halve korst. Bedraagt dus bv. laatstbedoelde verhouding $\frac{1}{200}$ste, hetgeen ongeveer zou overeenkomen met de schaal van een halve korst, overal ruim 150 M. dik [1]), (de korstdikte op 30 Km. gerekend), dan zou de excentriciteit van de korstmassa, dus die van haar massa-as allicht ettelijke Km. bedragen.

Met dien straal zou dan de korst dagelijks een omloop om de hoofdas volbrengen. Maar vrij roteeren om haar eigen as kan de korst daarbij niet. Haar (nagenoeg) cirkelvormige, equatoriale inwendige vorm sluit aan op die van de kern, welker overwegende massa naar het behoud van dien cirkelvorm blijft streven en door den wrijvingsinvloed de korst zal dwingen in hoofdzaak haar rotatie te volgen.

In hoofdzaak, maar niet geheel; want al kan de korst niet ten volle gehoor geven aan den eisch om hare rotatie om de eigen massa-as in te stellen, omdat daarvoor tusschen korst en kern een speelruimte noodig zou zijn, even groot als de excentriciteit van haar massa-centrum, zij zal toch in de gelegenheid zijn om ten deele aan dien eisch te voldoen en om zich eenige ruimte van beweging te verschaffen, waar schijnbaar geen ruimte is. Die gelegenheid wordt haar geboden door dezelfde oorzaak, welke de verschuiving van de korst op de kern mogelijk maakt — de vloeibare en elastische toestand van de buitenste kernlagen.

Het resultaat van die gedeeltelijke vrijheid zal zijn, dat de

1) Dit zou bij een 20 millioen jaren durenden neerslag op den zeebodem van het oceanisch halfrond neerkomen op een gemiddelde dikte van de bezinkingslaag van omstreeks 0.1 millimeter per jaar.

korst haar rotatie zal instellen om een as, gelegen tusschen de hare en de hoofdas, dichtbij laatstgenoemde en dat zij zich de, nu zooveel kleinere speelruimte, welke zij voor haar excentrische beweging noodig heeft, zal verschaffen door eene indrukking van de elastische kernlaag even groot als de excentriciteit van haar rotatie-as bedraagt.

De excentriciteit van de korstmassa wordt niet enkel bepaald door hetgeen aan massa van halfrond is verwisseld, want zij draagt de kiem van haar eigen groei in zich. Immers, door hare rotatie om een excentrische as, zal de sterkere centrifugaalwerking van haar zwaarste helft de excentrische ligging van de geheele korst automatisch vergrooten. Wel verzet de aansluiting op de kernmassa zich daartegen, maar tengevolge van de elasticiteit, dus samendrukbaarheid daarvan, zal deze eene vergrooting van de excentrische ligging der korst toch niet geheel kunnen verhinderen.

Het gevolg zal zijn, dat de korst van de continentale (de in dit geval lichtste) helft met haar onderkant steeds een zekeren druk op de kernmassa zal uitoefenen en dat onder de oceanische korsthelft eenige vermindering van druk zal ontstaan.

Blijkbaar zal het dus de grootere tegendruk van de kernmassa op den onderkant der continentale korsthelft zijn, welke aan de uitwijking van de korst een grens stelt, maar zoolang de oceanische korsthelft massa van de andere overkrijgt, zal de excentriciteit aangroeien.

Men zou hier de vraag kunnen stellen of aan het stellen van die grens niet ook wordt medegewerkt door het aangroeiend verschil in massa van de beide korstdeelen, deze nu beschouwd ten opzichte van het vlak, dat door de kern-as gaande, loodrecht staat op de lijn, welke door de massa-punten gaat.

Die vraag zou gerechtvaardigd schijnen wegens het aangroeiend massa-verschil, waardoor de aantrekking van het zwaardere deel door de kernmassa grooter zou worden dan die van het kleinere. Maar daarmede gaat tevens gepaard, dat de afstand van het zwaarste deel der korst tot het centrum van attractie der kernmassa grooter, de overeenkomstige afstand van het kleinste deel der korstmassa kleiner wordt.

Daar nu de aantrekking verandert in de enkele reden van de verandering der massa en in omgekeerde reden van het vierkant

van den afstand, is het zeer wel mogelijk — maar dit hangt af van ligging en distributie van de geërodeerde en gesedimenteerde massa's — dat door deze oorzaak de excentriciteit van de korst niet geremd, maar veeleer in de hand gewerkt zal worden, dit althans tot een zekere theoretische grens, welke misschien in werkelijkheid nooit bereikt zou kunnen worden.

Door den boven omschreven overdruk en de centrifugaalwerking samen, zal de geheele massa, kern zoowel als korst, op den duur (het proces is zeer langdurig) misschien eene kleine vormverandering kunnen ondergaan, welke daarin zou kunnen bestaan, dat de equatoriale doorsnede in de richting van de excentriciteit min of meer eivormig dan wel elliptisch werd. In het laatstgenoemde geval zou de aarde een 3-assige ellipsoide zijn. Naar wij meenen, is de verdenking, dat zulk een deformatie inderdaad bestaat, wel eens uitgesproken.

Wanneer de hier omschreven werking in beginsel bestaat, is het te verwachten, dat in het lichtste korstdeel in geringe mate eenige rekspanning ontstaat, welke in mindering komt van de tangentieële drukkingen, die, omdat zij rechtstreeks van de zwaarte der korstmassa afhangen, in het zwaarste korstdeel ook om deze reden iets grooter zullen zijn.

Er moge hier met nadruk op worden gewezen, dat de evenwichtstoestand van de korst, hier eenvoudigheidshalve als uitgangspunt van beschouwing genomen, op dit oogenblik, voor zoover na te gaan, door onze aarde nog niet bereikt is.

Integendeel is er alle reden om aan te nemen, dat ons continentale halfrond van de korst het zwaarste is, de excentriciteit dus in die richting ligt en dat het proces van overdraging van massa naar het oceanisch korsthalfrond nog in gang is en lang in gang zal blijven. Deze onevenwichtige toestand is, naar men moet aanemen ontstaan of wel gecontinueerd bij de laatste zijdelingsche draaiing van de korst, een proces, dat wel de instelling van het hoofdtraagheidsmoment van de korst in het equatorvlak der kernmassa, maar geenszins een evenwichtige verdeeling van de korstmassa waarborgt.

Wij zullen intusschen den werkelijken toestand, waarin onze aardkorst verkeert, tijdelijk nog laten rusten, en eerst nagaan, welk gevolg de hiervoren beschouwde regelmatige gang van zaken op de massa-verdeeling van den oceaan, dus op zijn niveau zal hebben.

De verschuiving van de korst op de kern, die, als gezegd, tenslotte allicht ettelijke Kilometers zal bedragen, zal door de massa van den oceaan slechts in zeer geringe mate worden gevolgd; want wel regelt haar rotatiesnelheid zich naar die van het korstoppervlak, maar haar vorm en ligging worden nagenoeg geheel bepaald door de massa van kern en korst samen. De massa van den oceaan blijft dus, wat haar oppervlak betreft, concentrisch met het algemeen massapunt, verplaatst zich dus nagenoeg niet. Daaruit volgt, dat de verschuiving van de korst op de kern ook een verschuiving van de korst *in* de massa van den oceaan impliceert, welke nagenoeg even groot is. Op de toppen der respectieve korsthalfronden zal dus het oceaan-niveau bijna evenveel rijzen (op het continentale halfrond) en dalen (op het oceanische) als de verschuiving van de korst op de kern bedraagt. Wordt dit proces zonder onderbreking een aantal millioenen jaren voortgezet, dan mag dus op die toppen een niveau-verandering van ettelijke Kilometers worden verwacht. Afhankelijk van den duur eener interglaciale periode en van de daarin bestaande verdeeling van land en oceaan, kan de verschuiving natuurlijk ook veel minder bedragen.

Op den grooten cirkel, welke de beide halfronden scheidt, zal *door deze oorzaak* geen niveau-verandering ontstaan, op tusschengelegen punten eene, welke cos φ maal het maximum zal zijn, waarin dan φ de afstand van eenig punt tot den top van het continentaal halfrond is. Het is denkbaar, dat hieruit een aanwijzing is te putten omtrent de richting, welke in eene bepaalde periode de verschuivingsas in de aardmassa heeft gehad (abrasie-niveaus en vastelandsstoepen).

Zoolang het proces duurt vloeit er water van het oceanische halfrond over naar het continentale. Voor bepaalde gedeelten van het aardoppervlak zal de relatieve rijzing of daling van het oceaan-oppervlak worden gewijzigd door de reeds vroeger genoemde oorzaken. Op beide halfronden zal de diepte van de zee tevens op onregelmatige wijze verminderen door de sedimentatie, waardoor het waterniveau echter overal stijgt.

Toegepast op onze aardkorst, zal dit proces de rijzing van het oceaan-niveau op het continentale halfrond doen voortgaan, daar dus het land ten opzichte van den oceaan doen zinken. Op het oceanische zal er steeds meer land uit den oceaan oprijzen. Op het eerste zal het zeeoppervlak, op het laatstge-

noemde het landoppervlak aangroeien. De korstverschuiving zal tot stilstand komen, wanneer voor elk halfrond het deel, dat van de erosie-materie naar het andere halfrond overgaat, gelijk is geworden en eenzelfde effect heeft. Voor onze aardkorst zal dat vermoedelijk zijn lang nadat de beide korsthelften gelijke massa zullen hebben. Intusschen is het zeer de vraag of de korstverschuiving ooit haar bovenbedoelde limiet zal bereiken, omdat aan één voorname voorwaarde daarvoor vermoedelijk nooit voldaan zal worden. Deze is, dat het hoofdtraagheidsmoment der korst in het equatorvlak moet blijven. De daarvoor noodige evenwichtigheid van de uitwisseling van massa ten opzichte van het equatorvlak is echter ondenkbaar. Dat hoofdtraagheidsmoment zal in het algemeen steeds buiten het equatorvlak komen te liggen en de aangroeiende onevenwichtigheid der korst zal tenslotte eene zijdelingsche draaiing van deze veroorzaken met alle gevolgen van dien — het begin van een nieuwe „glaciale" en vervolgens „interglaciale" periode en van eene nieuwe, anders gerichte korstverschuiving.

De korst roteert sneller dan de kern.

Aan de excentrische rotatie van de korst om de kern kan een bijzonder gevolg verbonden zijn, dat eene afzonderlijke beschouwing verdient, n.l. eene mogelijke versnelling van de rotatie der korst ten opzichte van die van de kern.

De levende kracht der rotatiebeweging van de korstmassa is afkomstig van den wrijvingsinvloed, uitgeoefend door het kernoppervlak, dus praktisch onveranderlijk, onverschillig of het traagheidsmoment der korst al of niet onveranderd blijft. De hoeksnelheid der korstrotatie toch blijft door de wrijving onveranderd onderhouden, en daar de korst star is, overal dezelfde.

Daar nu de Levende kracht (L) $= \frac{1}{2}\,\omega^2 \times$ traagheidsmoment (T) en voor onze aardkorst op het oogenblik T afnemende is, omdat het massapunt der korst haar rotatie-as nadert, zal voor de korst ω, d.i. de rotatiesnelheid toenemen.

Dit vooruitloopen van de korst op de kern zal intusschen wel zeer gering blijven, omdat het proces der massa-overdraging zeer langzaam gaat en de tegenwerkende wrijving, hoe gering ook bij eene zoo langzame relatieve beweging, deze toch sterk zal beperken. Ook zal, wanneer de equator-omtrek der kern niet cirkelvormig is, de richtingsverandering van de lange as

der korst, d.i. van den vorm der kernmassa eenigen remmenden invloed uitoefenen.

Er bestaat een synptoom, dat, zoo het goed geconstateerd is of wordt, met vrij groote zekerheid de snellere rotatie van de korst zou bewijzen, n.l. de seculaire variatie van de punten der aardoppervlakte, waar de inclinatie van de magneetnaald 90° is, de zoogenaamde „magnetische polen". Die van N- en Z-halfrond liggen niet juist diametraal, en dit versterkt ons in de meening omtrent de wijze van hun ontstaan. Wij stellen ons die als volgt voor:

Bij het ontstaan van de aarde werd daarin, concentrisch met de rotatie-as een materieële magnetische as gevormd door de uitpersing poolwaarts van de, voor een groot deel uit (nickel- ?) ijzer bestaande centrale massa. [1]) De pool-einden van die as bevonden zich onder de materie van de vaste korst, welke bij het aannemen van den spheroidalen vorm daarheen werd gedrongen. In den loop des tijds werd door de stolling van de buitenste magmalaag, welke stolling in de koude poolkappen het sterkst was, een klein en betrekkelijk zwak deel van die magnetische materie in de vaste korst vastgelegd.

Bij de eerste zijdelingsche draaiing van korst op kern kwam die materie op lagere breedte te liggen, en werd ook een groot deel van het nog plastische en vloeibare uiteinde van de magnetische as naar datzelfde punt meegesleept, te minder naarmate het op grooter diepte lag. Een volgende zijdelingsche draaiing bracht die punten van de vaste korst op andere lengte en breedte, en zoo ging het bij elke volgende regeneratie van de korst.

Na de eerste regeneratie lag het punt van de korst, dat de kleine massa, gekristalliseerde, magnetische materie bevatte, nog boven de grootere, welke, plastisch, in de overgangslaag was meegesleept, maar de snellere rotatie van de korst deed de beide massaas allengs, langs hetgeen toen hun parallelcirkel was, uiteenwijken, en het zal hebben afgehangen van het rotatieverschil en van den duur der „interglaciale" periode of en hoeveel malen beide magnetische massaas elkaar tijdens die periode gepasseerd zijn.

Zoolang die beide massaas nog nagenoeg samen vielen, vormden zij te zamen de magnetische pool. Naarmate zij uiteengin-

---

1) G. F. Tydeman. The Birth of Earth and Moon. E. J. Brill. Leiden. 1937.

gen, bepaalde zich die functie tot de grootere massa in de buitenste kernlagen; die in de korst vervolgde zijn weg oostwaarts als localiteit van duidelijke magnetische storing.

Latere regeneraties kunnen een overeenkomstig gevolg hebben gehad, maar dan zeer waarschijnlijk in minder sterke mate, omdat de eerste een goed deel van het uiteinde der oorspronkelijke magnetische as-materie had medegenomen. Zoowel de daaruit ontstane betreffende lokaliteiten van de korst als die van de kern zullen verder slechts als lokaliteiten van magnetische storing in functie zijn gebleven. De laatstbedoelden zullen, telkens meer uitgekneed, haar plaats in de kern behouden, de eerstbedoelden haar plaats in de korst; deze zullen alzoo bij elke volgende regeneratie op andere lengten en breedten komen te liggen, daardoor misschien moeilijk leesbare wegwijzers zijn voor hen, die de geschiedenis van de aardkorst bestudeeren. Er kunnen toch ook lokaliteiten zijn, die bij de geboorte der aarde reeds met magnetische storingen behebt waren.

Tengevolge van de wijze, waarop reeds bij de eerste regeneratie de plaats- en standsveranderingen der korstschollen op N- en Z-halfrond onsymetrisch verliepen, kan reeds toen de diametrale ligging der magnetische polen zijn verstoord op eene wijze, welke sindsdien ongewijzigd moet zijn gebleven. De relatieve ligging van de punten van magnetische storingen, welke inherent zijn aan de korst, kan door die verplaatsingen en draaiingen der korstschollen sterk zijn veranderd.

Wanneer te zijner tijd de seculaire verandering van de magnetische polen zal blijken op gelijke wijze westwaarts in lengte te verloopen, dan zal daardoor de onderstelling, betreffende haar ontstaan, zoowel als die omtrent de snellere rotatie van de korst aan waarschijnlijkheid winnen.

Het vorenstaande resumeerende, komen wij, wat betreft de positie en het gedrag van de korst ten opzichte van de kern tot de navolgende conclusie:

De korst ligt in eene richting, welke slechts uiterst langzaam in den zin van de rotatie verandert, excentrisch op de kern, op elk gegeven oogenblik in evenwicht als op een soort veer-balans, waarop de overmaat van de centrifugaalwerking harer zwaarste helft wordt opgewogen door de overmaat van drukking, welke de kernmassa in tegengestelde richting op den onderkant van haar lichtste helft uitoefent.

De beschouwingen betreffende de verschuiving van de korst, gebaseerd op eene overdraging van massa, zoo evenwichtig, alsof die volgens een equatoriale middellijn geschiedde, en die betreffende de rotatie der korst zijn niet zonder wijziging toepasselijk op den toestand, waarin zich thans de aardkorst bevindt.

Bij het einde van de laatste zijdelingsche draaiing van de korst had haar hoofdtraagheidsmoment zich ingesteld in het equatorvlak van de kernmassa. De zwaarste korsthelft was die, welke dat nog is, de continentale. De top daarvan lag ergens op den equator op eene lengte, welke niet bekend is, vermoedelijk ergens beoosten Greenwich.

De excentrische hoofd-traagheids-as van de korst en haar eveneens, doch veel minder excentrisch gelegen rotatie-as lagen dus in diezelfde richting ten opzichte van de hoofd-as en waren daaraan evenwijdig, maar slechts voor een oogenblik. Want, zoodra deze toestand was ingetreden, moest daarin verandering komen, en wel om twee redenen.

De eene oorzaak, waarvan de werking slechts uiterst langzaam kon zijn, was, dat de overdraging van massa niet geschiedde volgens een middellijn van het equatorvlak, maar volgens een koorde, waarvan het eene uiteinde ergens op het N-halfrond, het andere op het Z-halfrond lag, dit wegens de ongelijke verhouding van land- en wateroppervlak van beide halfronden. De hoofd-traagheids-as der korst ging daardoor allengs hellen op het equatorvlak. Wegens het uiterst langzame van deze verandering zou dit in langen tijd nog geen meetbaar gevolg hebben. Maar een tweede oorzaak, welke dadelijk in werking trad, omdat zij voortsproot uit het bestaande verschil in massa van de beide korsthelften, zal allicht wel dadelijk een meetbaar gevolg hebben gehad, en wel onder den vorm van:

De Breedte-variatie.

De aantrekkingskracht van zon en maan op de ongelijke korsthelften moest, wegens de helling van de aardas op het ecliptica-vlak en op het veranderlijke maansbaanvlak aan de korstmassa een samengestelde eigen nutatie geven om de gemiddelde richting van haar hoofd-traagheids-as. De wrijving kon die wel beperken, maar niet geheel verhinderen. Zij trad dus dadelijk in, nadat bij den afloop der regeneratie de korstmassa weder geconsolideerd was.

Naarmate in verloop van tijd de helling van de gemiddelde hoofd-traagheids-as der korst op het equatorvlak toenam, zal deze conische beweging van die as om haar gemiddelden stand gewijzigd zijn, maar nul worden kan zij niet, zelfs niet in het bijzondere, maar bezwaarlijk denkbare geval, dat de korst in volkomen evenwicht op de kernmassa zou komen te liggen, hoezeer dan de wrijving haar wel uiterst klein zou doen blijven.

Deze „*korst-nutatie*" kan niet zijn die, welke zich zou voordoen, wanneer de korstmassa als een vrij lichaam de kernmassa vergezelde, want, even zoo goed als de tusschenliggende wrijvingslaag de rotatie van de korst in overwegende mate regelt, zal diezelfde wrijvings-invloed overwegend zijn voor de bepaling van het karakter der korst-nutatie, en ongetwijfeld het bedrag daarvan klein houden en de periode lang doen duren. Deze beweging toch is er eene van de geheele binnenoppervlakte van de korst over de vloeibare buitenlaag van de kern, een schommeling, waaraan elk punt van de korst deelneemt. Het is duidelijk, dat deze verschuiving slechts uiterst langzaam zal gaan, maar door de wrijving niet geheel kan worden verhinderd. Alleen een oneindig groote wrijving, m.a.w. volledige samenhang van korst en kern zou daartoe in staat zijn. De overdraging van korstmassa zou dan enkel tot een uiterst langzaam verloopende verandering van de praecessie en de nutatie leiden, hetgeen zij allicht ook thans, maar dan in veel mindere mate doet.

De tendezs van de korst om haar rotatie in te stellen om haar eigen, nu ten opzichte van het equatorvlak hellende hoofd-traagheids-as blijft bestaan. Het gevolg daarvan zal zijn, dat ook haar rotatie-as niet meer evenwijdig zal blijven aan den oorspronkelijken stand, die evenwijdig was aan de hoofd-rotatie-as. De rotatie-as der korst zal dus ook een conische beweging aannemen, waarvan echter nòch de tophoek, nòch ook de periode dezelfden zullen zijn als die van de hoofd-traagheids-as der korst, omdat voor beide assen de stand en de beweging op verschillende wijzen, mede door den wrijvings-invloed van het kernoppervlak zullen worden bepaald. Door de groote snelheid van dat oppervlak zal de rotatie-as der korst van zeer nabij overeenkomen met die van de kern.

Door de gelijktijdige werking van beide oorzaken, zal nòch

de eene, nòch de andere tot volle uiting kunnen komen, noch ook afzonderlijk zijn waar te nemen; d.w.z. het bedrag en het verloop, hetwelk de afzonderlijke korst-nutatie zou vertoonen, ingeval de wrijving nul ware, blijven onbekend, en de plaats en de richting van de as, waarom de korst zou roteeren, wanneer zij niet aan die nutatie onderhevig was, ook. Waarneembaar zal alleen de oogenblikkelijke richting van de rotatie-as der korst zijn, en de ligging van het punt, waar die de korst snijdt. Dit punt, dat zonder de korstnutatie langen tijd hetzelfde zou blijven, verandert daardoor blijkbaar doorloopend. Deze verschuiving van de rotatie-as in de korstmassa, beter gezegd misschien, van de korstmassa ten opzichte van haar rotatie-as, zal altijd onregelmatig verloopen, dit niet alleen omdat de bovengenoemde factoren, welke wederkeerig op elkander inwerken, veranderlijk zijn, maar ook, omdat de korstbeweging bovendien onderhevig zal zijn aan werkingen, uitgeoefend door de bewegingen van en in de massaas, welker rotatie afhangt van die van de korst, te weten die van den oceaan en van de atmosfeer. Daar het de wrijving van de korst is, welke de gemiddelde hoeksnelheid dier beide lagen gelijk maakt aan de hare, zal omgekeerd de relatieve beweging van deelen dier beide massaas door wrijving (drukking) in bepaalde richtingen invloed op de beweging van de korst uitoefenen. Hoe klein die invloeden misschien ook mogen zijn, het is niet aannemelijk, dat de resulteerende werking daarvan ooit volkomen nul zal zijn.

Immers, de invloed van de atmosfeer zal vooral bestaan uit de drukking op de oneffenheden van het korstoppervlak, uigeoefend door overheerschende windrichtingen, en deze, in hoofdzaak horizontale drukking zal, wegens de ongelijke verdeeling van land en zee, en van de meteorologische omstandigheden, op het N-halfrond anders zijn dan op het Zuidelijke.

De massa van den oceaan zal door haar stroomingen en c.q. jaarlijksche niveau-verschillen een eigen invloed uitoefenen. IJs, zoowel dat, hetwelk deelen van den oceaan bedekt, als dat van de arctische en antarctische gletschers, zal tijdelijk één zijn met de vaste korst, dan weer los daarvan (MAXWELL's „dynamical top").

Deze invloeden zullen wel allen min of meer eene jaarlijksche periode hebben, maar aangrijpingspunt, kracht en richting van

elks resultante zullen verschillend zijn, en niet noodzakelijk elk jaar juist dezelfden.

Door al deze op elkaar inwerkende veranderlijkheden zal de beweging van de „zichtbare" pool, d.i. het punt, waar de rotatie-as der korst haar oppervlak achtereenvolgens snijdt, in het algemeen zoo onregelmatig verloopen, dat die niet te voorspellen valt. Men zal dus enkel door voortgezette, zeer nauwkeurige breedte-waarnemingen kunnen bepalen, waar die ligging in een bepaald tijdsverloop in de korst ten opzichte van een daarin als gemiddelde, en als onveranderlijk aangenomen plaats achtereenvolgens geweest is.

Sinds de ontdekking van het feit, dat de astronomisch bepaalde breedte voor elk punt van het aardoppervlak doorloopend aan eene systematische breedte-verandering onderhevig is, waaruit werd geconcludeerd, dat de geheele aardmassa aan een standsverandering ten opzichte van een in richting onveranderlijke rotatie-as onderhevig was (afgezien dan van de praecessie en nutatie dier as), zijn de betreffende breedtewaarnemingen dan ook reeds sinds een aantal jaren gedaan.

De gemiddelde periode van den terugkeer van de rotatiepool tot eenzelfden meridiaan, is daaruit nog niet met zekerheid gebleken, even zoo min als het juiste bedrag van de gemiddelde afwijking. Beiden toch kunnen in de jaren, die volgen zullen, blijken nog eenigszins te zullen veranderen, en over een zeer langen tijdsduur misschien aan een lang-periodische verandering onderhevig te zijn, waarbij overigens te verwachten is, dat in verloop van tijd de overdracht van massa voor de aarde het verschijnsel eerst zal doen afnemen en na den toestand van evenwicht weder geleidelijk sterker zal doen worden.

Alvorens de poolbeweging nader te beschouwen, zij opgemerkt, dat de onderstelling als zou de getijbeweging van den oceaan een *voorname* factor zijn in het ontstaan daarvan, ons voorkomt niet houdbaar te zijn, dit zelfs niet ten opzichte van de betrekkelijk kleine massa van de korst, dus zooveel te minder nog ten opzichte van de als eenheid gedachte groote massa van kern en korst samen.

De getijbeweging van de massa van den oceaan is een golving met een gemiddelde periode van 24 maans-uren, waardoor de gemiddelde positie van de watermassa op de korst niet ver-

andert. Op het groote oppervlak van den oceaanbodem kan die heen en weer gaande beweging zoo goed als geen invloed uitoefenen, eenerzijds, omdat zij daar uiterst klein, zoo niet praktisch nul is, anderzijds, omdat de wrijving tusschen water en bodem dat ook is.

De eenige factor, waaraan ten dezen eenigen invloed zou zijn toe te kennen, is het verschil in horizontale drukking, dat op de hellende vlakken van bodemverhoogingen en van de randen der continenten wordt uitgeoefend door de afwisselende waterhoogte en den eveneens afwisselenden arbeid, welke op die hellende vlakken door de relatieve beweging van de deelen der watermassa wordt uitgeoefend. Deze laatste factor komt slechts tot een beperkte diepte in aanmerking.

Waar nu het gemiddeld niveau van den oceaan zich overal, maar niet overal op hetzelfde oogenblik, om de 12 uren practisch herstelt, is het niet aannemelijk, dat er van die invloeden een resultante van eenige beteekenis kan overblijven. Is er toch een, die dan wel zéér klein zou zijn, dan zou die een halfdaagsche periode hebben, maar zulk eene is tot dusverre nog niet ontdekt.

Aan de kort durende verhooging van het oceaan-niveau, zelfs over een groot deel van het aardoppervlak, een invloed op de beweging van de korst of van de totale massa toe te kennen, welke de massa-vermeerdering op dat areaal alleen zou kunnen hebben, wanneer die — dus de geheele daar aanwezige watermassa — plotseling aan de korst vast vroor, schijnt op een misvatting te berusten. Alleen in dit geval zou de theorie van MAXWELL's „dynamical top" toepassing kunnen vinden.

Zelfs, wanneer er een dagelijksch résidu van de wereldgolving van den oceaan mocht overblijven, dan zou dit hoogstens de oorzaak kunnen zijn van de dagelijksche ongelijkheid, welke te Pulkowa in de breedte-variatie is geconstateerd, ter grootte van + en — 0",05, welke intusschen ook een gevolg zou kunnen zijn van verschil in straalbuiging, veroorzaakt door de atmosferische ellipsoide, waarvan de projectie harer lange as op het eclipticavlak vrij standvastig ongeveer in de baanrichting ligt.[1])

Nevenstaande figuur, geldende voor een bepaald oogenblik,

---

1) G. F. TYDEMAN. Notes on Phenomena, etc. Chapt. III. The Tides of the Atmosphere. E. J. Brill. Leiden. 1936.

geeft schematisch de hoofdpunten van de hierboven beschreven beweging van de „zichtbare" pool aan, waaronder dan is te verstaan het punt, waar achtereenvolgens de oogenblikkelijke rotatie-as van de korst haar oppervlak snijdt.

In deze figuur is:

a het punt, waar de rotatie-as der kernmassa het korst-oppervlak van het Noorder-halfrond op een bepaald oogenblik snijdt;

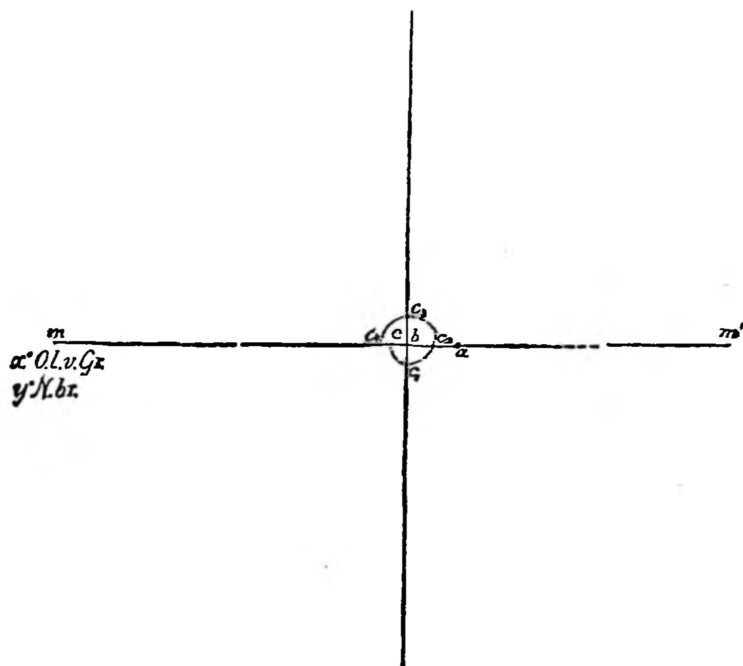


Fig. 5

b, het punt, waar de *gemiddelde* rotatie-as van de korst haar oppervlak snijdt;

c, c_1, enz., het punt, waar de *oogenblikkelijke* rotatie-as van de korst haar oppervlak snijdt;

m, het punt, waar de hoofd-traagheids-as van de korst haar oppervlak snijdt.

Omtrent ligging en stand van de assen valt het navolgende op te merken:

de assen *a* en *b* ***kunnen*** samenvallen, maar zullen dit in het algemeen niet volkomen doen, omdat de as *a* in de kernmassa mag worden geacht een onveranderlijken stand te behouden, de as *b* daarentegen bij elke opvolgende periode van de as *c*, welker gemiddelden stand zij aangeeft, een eenigszins anderen stand blijkt te kunnen hebben. Deze variatie van *b* is wel zéér klein, maar wordt toch waarneembaar.

Het is denkbaar, dat de as *b* bij haar standsverandering de as *a* van zeer nabij zal kunnen kruisen, eventueel daaraan evenwijdig zal kunnen zijn, dan wel die in of nabij het massapunt der kern zal snijden. Rechtstreeksche contrôle op een en ander is niet mogelijk, omdat de as *b* een langzame veranderlijkheid vertoont, waaraan voorshands wetmatigheid nog niet is ontdekt, en omdat het snijpunt van *a* met de korst, tengevolge van de rotatie der korst om *c* ook voortdurend een ander punt van de korst is. De werkelijke richting van de rotatie-as der kern blijft dus verborgen, tenzij op den duur het gemiddelde van *b*'s plaatsen met *a* samenvalt.

De oogenblikkelijke richting van de as *c* is de eenige, welke binnen de grenzen van de nauwkeurigheid der breedte-waarnemingen rechtstreeks geconstateerd kan worden.

Het snijpunt *m* van de hoofd-traagheids-as der korst met haar oppervlak kan op grooten afstand van *c* liggen. Valt het hoofdtraagheidsmoment der korst in het equatorvlak, dan is die afstand niet groot en staat die as loodrecht op dit vlak. Valt het massa-punt der korst buiten het equator-vlak en buiten haar rotatie-as, welk laatste, zooals hiervoren werd betoogd, eenige Kilometers kan bedragen, dan maakt de as *m* een hoek met het equator-vlak en kan zij eventueel de hoofd-rotatie-as *a* van nabij kruisen. Welken stand zij ook heeft, altijd zal de korstrotatie worden aangegeven door de as *c*, en *schijnbaar* die van de geheele aardmassa zijn.

De ligging van *m* verandert ten opzichte van de massa der korst zóó uiterst langzaam, n.l. enkel door de massa-overdraging, dat *m* geruimen tijd als onveranderlijk is te beschouwen.

De as *c* verandert haar stand ten opzichte van haar gemiddelde plaats *b* betrekkelijk snel. Zij loopt met een niet regelmatige verandering van den afstand *bc* om *b* in een tijdsverloop, dat

gebleken is meer dan een jaar te bedragen (± 425 dagen), maar niet voor elken omloop van *c* juist hetzelfde te zijn.

De plaats van *b* op de korst is ook niet bij elken omloop van *c* volkomen dezelfde en zal door de verplaatsing van het massacentrum der korst in verloop van tijd ook veranderen.

De as *a* behoudt, behoudens een mogelijke, zeer kleine en niet te constateeren, periodieke verandering, haar stand in de kernmassa. Blijft daarvan op den duur een résidu over, dat zich dan ook in de beweging van *c* zou openbaren, dan zal dat als een seculaire verandering van de praecessie aan den dag moeten komen.

Voor de korst vloeit uit den stand van haar rotatie-as een dagelijksche en een doorloopende breedte-verandering voort, welke geconstateerd kan worden, en dan ook, sinds zij ontdekt werd, trouw waargenomen wordt. De hoegrootheid daarvan kan uit den aard der zaak niet anders bepaald worden dan ten opzichte van een als vast aan te nemen gemiddelde plaats van de oogenblikkelijke rotatie-as *c*, dus ten opzichte van *b*.

Spreken wij, hetgeen op hetzelfde neerkomt, van poolsafstand, die 90°—breedte is, dan is op het oogenblik, dat de oogenblikkelijke rotatie-as der korst in *c* ligt, op de lijn *bm*, de poolsafstand van het, nog zeer lang als *vast* punt van de korst te beschouwen punt *m*, *cm*, welke in de eerstvolgende dagen slechts zeer langzaam zal toenemen.

De „breedte-variatie", dat is het maximum-verschil van de poolsafstanden van *m* tot *b*, dat zich op dezen dag zal voordoen, bedraagt $2 \times bc$, want de afstand *cm* blijft tijdens een halve aswenteling praktisch onveranderd. Maar de poolsafstand van *m* $bm = cm + bc$. Twaalf uren later is *m* gekomen in *m'*, zoodat de poolsafstand nu is $bm' = cm' - bc$, en, aangezien $cm' = cm$, varieert op dien dag voor alle punten van het aardoppervlak de gemiddelde breedte het bedrag + en — *bc*.

Na ongeveer een kwart periode van *c*'s omloop, is *c* gekomen in c_1 van de korst, die dus dan om de as roteert, welke dit punt tot poolpunt heeft. De maximum-breedte variatie op dezen dag is $2 \times bc_1$. Een kwart periode later is zij $2 \times bc_2$, enz., enz.

Zoolang *bc* aangroeit, neemt dus de breedte-variatie toe. Uit de waarnemingen blijkt, dat *bc*, tengevolge van de uiteenloopende factoren, welke de plaats van *c* in de korst bepalen, wel gedurende zekeren tijd merkbaar kan aangroeien, maar dat, zooals

wegens den overwegenden invloed van de wrijving te verwachten is, de onregelmatig veranderende afstand *bc* telkens, na een zeker aantal omloopen, tot een klein bedrag wordt teruggebracht.

Op den zeer langen duur echter zal de breedte-variatie een verandering ondergaan tengevolge van de geleidelijke verplaatsing van het massa-punt der korst. Komt dit samen te vallen met dat van de kern, dan zou daarom alleen de breedte-variatie nog niet nul zijn geworden. Dit zou alleen dan nagenoeg het geval zijn, wanneer tevens de as van het hoofd-traagheidsmoment der korst samenviel met de rotatie-as der kern. Heeft op dat oogenblik het continentaal halfrond nog meer land dan het oceanische, dan gaat de verplaatsing van het massapunt in de richting van het laatstgenoemde door, en kan tenslotte het massapunt der korst zoo ver buiten het equatorvlak van de kern en buiten de rotatie-as komen te liggen, dat er een zijdelingsche draaiing van de korst op de kern volgt, welke tot een regeneratie van de korst leidt. Zoolang de sterke korst de vormverandering weerstaat, welke haar gewijzigde stand en de tendenz tot vormbehoud van de groote kernmassa haar zullen opdringen, zal dit proces langzaam verloopen. Barst tenslotte de korst in schollen, dan zal het sneller gaan en komt de plastische tusschenlaag in functie om overal, waar noodig, aan de korst het inwendig verband aan te leggen.

De teekenen en gegevens, welke een vorig maal de komst van een regeneratie aankondigden, werden niet geregistreerd; te zijner tijd zal het dan levende geslacht het allicht doen.

De rotatie van de korst om een as, welke een hoek maakt met die van de kern, veroorzaakt een dagelijksche schommelende beweging van het binnen-korstoppervlak over de elastische, vloeibare „glijdlaag", die het oppervlak van de kern is.

Deze schommeling is slechts een relatieve, want feitelijk is de massaschommeling, zoowel van de kern als van de korst, in den loop van een dag praktisch nihil; zij ontstaat dan ook slechts doordat de parallellen, welke de punten van het korstoppervlak volgen, niet samenvallen met die, welke door de punten van het kernoppervlak worden doorloopen. Zij heeft plaats om de equatoriale middellijn, welke loodrecht staat op het meridiaanvlak *cm* (later c_1m, c_2m, enz., waarbij het dan echter, behalve wat c_2m betreft, *niet volkomen* een meridiaanvlak

is). Daar de correspondeerende punten van korst en glijdlaag praktisch dezelfde rotatie-snelheid hebben, afgezien dan van een zeer beperkt oppervlak aan de polen, blijven zulke punten tijdens de aswenteling wel op denzelfden meridiaan, maar verschuiven zij onderling in breedte. Het maximum der verschuiving komt natuurlijk in plaats en grootte overeen met dat van de breedte-variatie van dien dag. Is deze bv. in totaal 0″, 3, d.i. 9 Meters, dan is de maximum meridionale verschuiving, welke zich in 12 uren voordoet aan den equator in den meridiaan *mm′* 9 M. Maar op dat oogenblik is de snelheid der verschuiving daar nul. Deze is juist een maximum aan de schommelingsas, n.l. 0,338 m.M. /s. Gemiddeld is zij dus 0,212 m.M./s.

Op hoogere breedte is de maximum-snelheid dezer relatieve beweging kleiner, in reden van de cosinus van de breedte, maar wordt toch op den meridiaan *mm′* dezelfde afwijking bereikt.

Is de breedte-variatie grooter dan zijn de relatieve snelheden en de afwijking evenredig grooter.

Deze glijdende beweging is dus voor het oogenblik eene zeer langzame, waartegen de wrijving van de glijdlaag ternauwernood een hindernis zal vormen. Hare materie toch is van groote bewegelijkheid en strekt zich tot een onbepaalde diepte uit, zoodat de moleculaire verschuiving, welke daarin in opvolgende lagen noodig is om een zoo kleine relatieve beweging toe te staan, slechts een zéér kleinen weerstand biedt. Wel is het oppervlak van de korst zeer groot, maar ook haar massa is dat, en aan één M^2 van haar oppervlak beantwoordt een kolom van omstreeks 100-duizend ton gewicht, waarvan de relatieve beweging, voortvloeiende uit oorzaken, waarvan de rotatie-wrijving er een is, en de andere van kosmischen oorsprong zijn, aan elk dier kolommen een hoeveelheid van beweging geven, waar tegenover de wrijving op 1 M^2 oppervlak bij een zoo geringe snelheid wel bijna een te verwaarloozen grootheid is.

De beweging van de korst op de kern moet, te zamen met de vormverandering door de getijkrachten, welke de geheele massa voortdurend ondergaat, minstens twee waarneembare gevolgen hebben, het eene voor de korst zelf, het andere voor den oceaan.

De vormverandering moet in de korst aanleiding geven tot bijzondere spanningen of wel tot verevening van bestaande

ongelijkheden daarin, welke zich als aardbevingen en microseismische trillingen, c.q. ook als vulkanische werkingen manifesteeren.

Daar elk deel van de massa van den oceaan betrekkelijk vrij is in zijn beweging en die massa als geheel haar rotatie-beweging dankt aan de onafgebroken werking van de op zichzelf zeer geringe wrijving aan het aanrakingsvlak met de korst, zal de watermassa altijd achterblijven op de hierboven beschreven conische beweging van de korst, daar de watermassa als geheel zal volharden in haar oogenblikkelijke rotatie. Aan den oceaanbodem zal diensvolgens, met een periode van ±425 dagen een min of meer circulaire onderlinge verschuiving van het uitwendig korstoppervlak en de aanrakende waterlaag plaats hebben. Daar het water praktisch niet elastisch is, zullen de groote en hooge oneffenheden van den zeebodem en de hellende „staande" kanten der continenten in de watermassa een beweging kunnen doen ontstaan, welke zich, wegens het relatief zwakke van de oorzaak allicht niet in waarneembare strooming, maar wel in zeer lange diepte-golven zullen manifesteeren, zooals die dan ook door de oceanografische expeditie van de „Meteor" in den Atlantischen Oceaan zijn waargenomen.

Volgens het bovenstaande is het niet waarschijnlijk, dat deze langzame schommeling van de korst mede schuldig zou kunnen staan aan de westwaartsche strooming, waaraan de oceaan, naar ondersteld wordt, onderhevig is. Wel echter is er reden die te beschouwen als een noodzakelijk gevolg van de verschuiving van de korst *in* de massa van den oceaan, zooals die thans van de continentale zijde naar de oceanische gaande moet zijn. Die reden is de navolgende:

Wanneer in een tijdsverloop van bv. 20-millioen jaren de verschuiving van de korst op de kern 3 K.M. zou bedragen, zou het oppervlak van den oceaan, als gezegd, overal iets zijn gerezen, maar op zeer weinig na concentrisch zijn gebleven met het aanvankelijke. Zij deze rijzing van het niveau x Meters.

Stellen wij nu dat de korst met al haar verheffingen ten opzichte van het aanvankelijk niveau aan den top van het oceanisch halfrond 3000 M. is gerezen, aan den top van het continentale 3000 M. gedaald. Ten opzichte van het nieuwe niveau bedragen die rijzing en daling dus resp. 3000 — x en 3000 + x Meters. Hiermede ging gepaard verkleining van het oceaan-

oppervlak op het oceanisch halfrond, vergrooting daarvan op het continentale; tevens vermindering van de zeediepte op het eerstgenoemde, vergrooting op het laatstgenoemde.

Daar de totale massa van den oceaan onveranderd bleef, is er een zeer groote massa water van het oceanisch halfrond naar het continentale overgevloeid. Dit proces is dus *nu* steeds in gang en het zal doorgaan, zoolang het continentale halfrond massa aan het oceanische overdraagt.

De als voorbeeld aangenomen korstverschuiving (gemiddeld 0.15 m.M. per jaar) is een uiterst langzaam proces, waarvan niet licht eenig waardeerbaar effect te verwachten schijnt, tenzij dan door peilschaal-waarnemingen gedurende een zeer lang tijdsverloop. Wel toont reeds een zeer oppervlakkige berekening, dat de bedoelde overvloeiing van water *per dag* vele millioenen tonnen zou bedragen, maar dit, voor menschelijk begrip groot quantum valt in het niet tegenover de ter sprake komende oppervlakten. Intusschen valt te bedenken, dat die overvloeiing zich zeer waarschijnlijk in de oppervlakte-laag voltrekt, en dat die door de configuratie der continenten in bepaalde banen wordt geleid, en tenslotte, dat de top van het continentale halfrond op Noorder breedte, die van het oceanische op Zuider breedte ligt. Een groot deel van het constant overvloeiende water, komende van Zuiderbreedte, moet dus den equator passeeren, zal diensvolgens tot daar Westwaarts afwijken. Hoe het zich daarbij en vervolgens op het Noorder halfrond gedraagt, kan hier buiten bespreking blijven; dat door deze oorzaak niveau-verschillen ontstaan, welke op het Zuidelijk halfrond aanleiding geven tot eene langzame, westelijk gerichte strooming van oceaanwater is plausibel, en de waarneming daarvan geeft steun aan de hier ontwikkelde hypothese.

Ondanks de verbazingwekkende nauwkeurigheid, waarmede de dagelijksche gang van astronomische slingeruurwerken met behulp van bijzondere inrichtingen kan worden gecontroleerd [1]), is het toch niet waarschijnlijk, dat de zeer kleine breedte-variatie op dien gang een naspeurbaren invloed zou kunnen hebben. De dagelijksche beweging toch van de klok wijkt van eene een-

---

1) ALFRED L. LOOMIS. The Precise Measurement of Time. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Vol. XCI. No. 5, March 1931.
Prof. ERNEST W. BROWN and Dr. DIRK BROUWER. Analysis of Records made on the LOOMIS Chronograph by three SHORTT clocks on a cristal oscillator. Monthly Notices, same as above. Hierin is ou= Middernacht.

parige volgens den parallelcirkel van de kern slechts uiterst weinig af. De in sommige opzichten verrassende resultaten van het hiervoren genoemde Tuxedo-onderzoek zullen dan ook waarschijnlijk vooral te danken zijn aan den niet bekenden, althans niet erkenden invloed van de Tangentiëele getijversnellingen.

Wij zijn er ons van bewust, dat dit alles grove ketterij is ten opzichte van bestaande inzichten, maar wij achten de aanwijzingen op verschillend gebied voor het bestaan van een slechts los verband tusschen korst en kern zoo sterk en logisch samenhangend, dat zij ons zeer overtuigend voorkomen. Wat de laatst behandelde materie betreft, komt het ons veel aannemelijker voor, dat de primaire oorzaak van de breedte-variatie aan dezelfde oorzaak te wijten is, dan aan eene conische verschuiving van de groote, totale aardmassa ten opzichte van een onveranderlijk gericht blijvende rotatie-as; veel aannemelijker ook, dat de betrekkelijk zwakke nevenoorzaken een vrij sterken en onregelmatigen invloed kunnen uitoefenen op de zooveel kleinere massa van de bewegelijke korst dan op de groote massa van het geheele aardlichaam.

Onze overtuiging wordt nog versterkt door de vermelding van uit den aard der zaak zeer kleine afwijkingen in den omwentelingsduur van de aarde. Hoe klein die ook mogen zijn geweest, wanneer zij na verloop van een jaar waarneembaar waren geworden als iets, dat speciaal voor dat jaar gold, dan is een dergelijke „grilligheid" toch zeker bezwaarlijk denkbaar voor de geheele aardmassa, maar wel verklaarbaar voor de rotatie van een korst, welke onder meer afhangt van de wrijving van eene materie, die niet overal even homogeen kan worden verwacht op een oppervlak, dat niet geheel vlak en eventueel veranderlijk is.

October 1937.